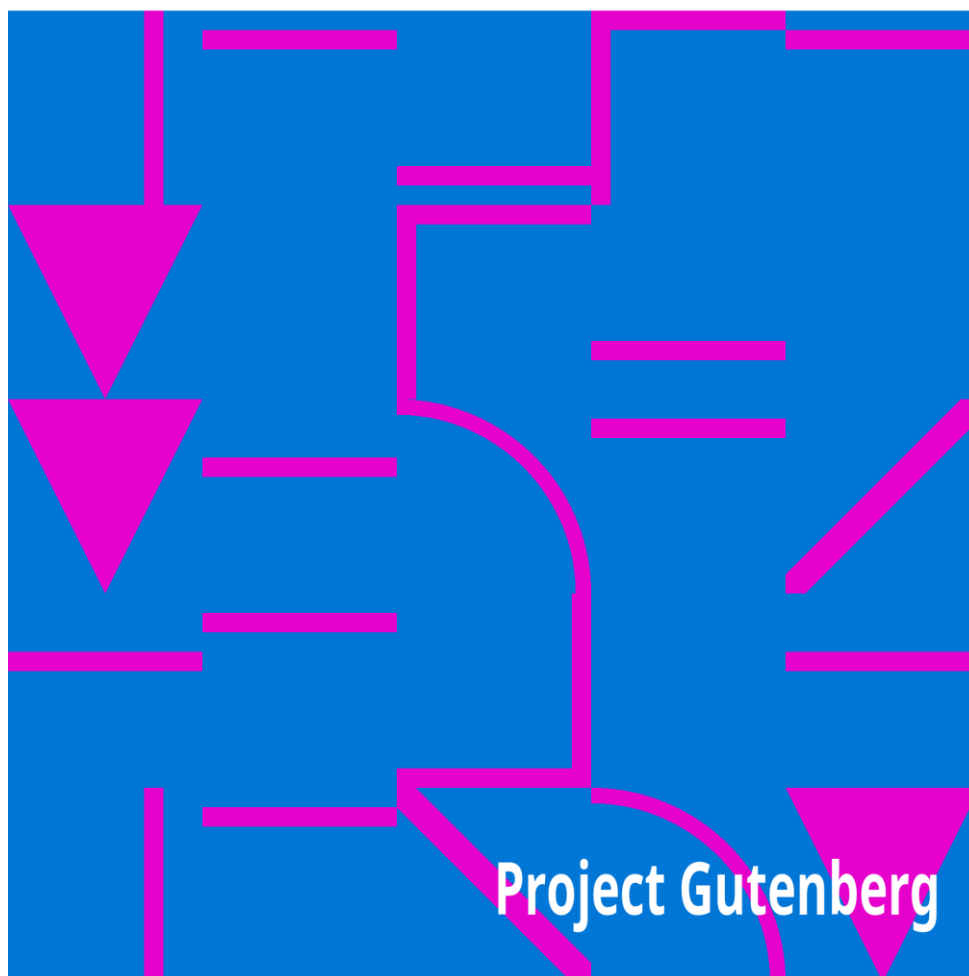


Герои науки. Химики

М. М. Паттисон Мьюир

Heroes of Science: Chemists

M. M. Pattison Muir



Электронная книга проекта "Гутенберг" о героях науки: химиках

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: Герои науки: химики

Автор: М. М. Паттисон Мьюир

Дата выхода: 7 декабря 2011 [Электронная книга № 38246]

Язык: Английский

Кредиты: Электронный текст подготовлен Альбертом Ласло, П. Г. Мате, Жозефиной Паолуччи,

*** ЗАПУСК ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ ГУТЕНБЕРГА "ГЕРОИ НАУКИ: ХИМИКИ" ***

Электронный текст подготовлен Альбертом Ласло, П. Г. Мате, Жозефиной Паолуччи и командой онлайн-корректоров (<http://www.pgdp.net>)

ГЕРОИ НАУКИ.

ХИМИКИ

АВТОР М. М. ПАТТИСОН МЬЮИР, M.A., F.R.S.E.,

НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК И ПРЕПОДАВАТЕЛЬ ХИМИИ КОЛЛЕДЖА ГОНВИЛЛ И КАЙУС В КЕМБРИДЖЕ.

ОПУБЛИКОВАНО ПОД РУКОВОДСТВОМ КОМИТЕТА
ПО ОБЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЕ И ОБРАЗОВАНИЮ, НАЗНАЧЕННОГО
ОБЩЕСТВОМ СОДЕЙСТВИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЮ ХРИСТИАНСКИХ ЗНАНИЙ.

ЛОНДОН:

ОБЩЕСТВО СОДЕЙСТВИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЮ ХРИСТИАНСКИХ ЗНАНИЙ,
НОРТУМБЕРЛЕНД-АВЕНЮ, ЧАРИНГ-КРОСС;

43, КУИН ВИКТОРИЯ-СТРИТ, Е.С.;
26, СЕНТ-Джордж-ПЛЕЙС, ГАЙД-ПАРК-КОРНЕР, ЮГО-ЗАПАД.

БРАЙТОН: 135, норт-стрит.

Нью-Йорк: E. & J. V. YOUNG & CO.
1883.

"Открытия великих людей никогда не покидают нас; они бессмертны; в них содержатся те вечные истины, которые переживают потрясения империй, переживают борьбу соперничающих вероучений и становятся свидетелями упадка сменяющих друг друга религий".—Пристегнись.

"Тот, кто изучает Природу, постоянно испытывает изысканное удовольствие от различения или наполовину различения и предугадывания законов; закономерности проглядывают сквозь кажущуюся путаницу, аналогии между явлениями разного порядка напрашиваются сами собой и приводят в движение воображение; разум преследует ощущение огромного единства, которое еще невозможно обнаружить или назвать. Есть пища для размышлений, которая никогда не иссякает; вы пристально смотрите на объект, который всегда становится все яснее, и все же всегда, в самом процессе прояснения, раскрываются новые тайны".— Автор книги "Ессе Номо".

"Je länger ich lebe, desto mehr verlern' ich das Gelernte, nämlich die Systeme."—Jean Paul Richter.



ПРЕДИСЛОВИЕ.

В этой книге я старался придерживаться принципов, установленных для меня Издательским комитетом Общества, а именно: "показать с помощью избранных биографий прогресс химии от зарождения индуктивного метода до настоящего времени". Прогресс химии был сделан

центральной темой; вокруг этого я попытался сгруппировать короткие рассказы о жизнях тех, кто своим трудом больше всего способствовал этому прогрессу.

Этот метод лечения, при правильном применении, демонстрирует успехи, достигнутые в науке, как тесно связанные с жизнями и характерами тех, кто ее изучал, а также производит впечатление на читателя непрерывностью прогресса естественных знаний.

Жизнеописания нескольких химиков были написаны; о других, однако, можно найти лишь скудные упоминания. Материалы для этой книги были собраны в основном из следующих работ:—

Kopp's "Geschichte der Chemie."

"История химии" Томсона.

Ladenburg's "Entwicklungsgeschichte der Chemie."

"История атомной теории" Вурца.

"Химический словарь" Уоттса.

"История индуктивных наук" Уэвелла.

"Рождение химии" Родвелла; "Исследование герметической тайны и алхимии" (Лондон, 1850); "Популярные трактаты о науке, написанные в средние века", отредактированные для Исторического общества науки магистром Томасом Райтом (Лондон, 1841); "Возрождение Рипли, или Изложение герметико-поэтических произведений сэра Джорджа Рипли" Эйриня Филалета (Лондон, 1678); "Tripus Aureus, hoc est Tres Tractates Chymici Избранные" (Франкфурт, 1618).

"Алхимия"; статья в "Британской энциклопедии".

"Химик-скептик" Бойля.

"Биография вселенной"; для заметок о Берцелиусе и Лавуазье.

"Английская циклопедия"; для заметок о Блэке, Берцелиусе и Лавуазье.

"Лекции" Блэка с мемуарами: под редакцией доктора Робинсона.

"Мемуары" Пристли: частично написаны им самим.

Работы Пристли о "Воздухе" и др.

Lavoisier's "Œuvres."

"Жизнь" Далтона, доктора Генри; "Жизнь" доктора Р. Ангуса Смита; "Новая система химической философии".

"Собрание сочинений" Дэви; "С жизнью" его брата; "Жизнь" доктора Пэриса.

"Лербух" Берцелиуса и различные диссертации.

Wöhler's "Jugenderinnerungen eines Chemikers."

"Собрание воспоминаний Грэма".

Очерк жизни Грэма в журнале Химического общества.

"Дело жизни Либиха" А. В. Гофмана.

"Дюма" А. В. Гофмана.

Различные диссертации Либиха и Дюма в "Анналене" и других местах.

Я выражаю самую сердечную благодарность моему другу мистеру Фрэнсису Раю за большую помощь, которую он оказал мне в исправлении корректурных листов.

М. М. ПАТТИСОН МЬЮИР.

Кембридж, апрель 1883 г..



Содержание.

Страница

Вводная 1

ГЛАВА I.

АЛХИМИЯ: И РАССВЕТ ХИМИИ.

Истоки естественных знаний—Химия в средние века—Алхимия—Флогистическая теория 5

ГЛАВА II.

СТАНОВЛЕНИЕ ХИМИИ КАК НАУКИ — ПЕРИОД БЛЭКА, ПРИСТЛИ И ЛАВУАЗЬЕ.

Внедрение точных измерений в химию—Исследования Блэка по щелочам и неподвижному воздуху—Его концепция тепла—Эксперименты Пристли с воздухом—Его открытие кислорода—Лавуазье, основатель химической науки —Он четко устанавливает связь между составом и свойствами тел 30

ГЛАВА III.

УСТАНОВЛЕНИЕ ОБЩИХ ПРИНЦИПОВ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ — ПЕРИОД ДАЛЬТОНА.

Обучение Далтона физическим наукам — Он возрождает и количественно интерпретирует атомную теорию — Термин "атом" применяется им как к элементам, так и к соединениям — Его правила химического синтеза [106](#)

ГЛАВА IV.

УСТАНОВЛЕНИЕ ОБЩИХ ПРИНЦИПОВ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ (продолжение) — ПЕРИОД ДЭВИ И БЕРЦЕЛИУСА.

Электрохимия - Дуалистическая теория, разработанная Берцелиусом — Работа Дэви о кислотах, щелочах и солях — Он доказывает, что хлор является элементом — Его открытие предохранительной лампы [155](#)

ГЛАВА V.

РАБОТА ГРЭМА.

Грэм отслеживает движение молекул — Он различает коллоиды и кристаллоиды — Диализ [232](#)

ГЛАВА VI.

РАСЦВЕТ И ПРОГРЕСС ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ — ПЕРИОД ЛИБИХА И ДЮМА.

Барьер между неорганической и органической химией начинает разрушаться — Велер готовит мочевины — Дюма выступает против дуалистической системы Берцелиуса — Концепции составных радикалов Либиха — Его работы по химии животных и сельского хозяйства [252](#)

ГЛАВА VII.

СОВРЕМЕННАЯ ХИМИЯ.

Связи между составом и свойствами тел развиваются и становятся более определенными — Физические методы более широко используются в химии — Спектроскопический анализ [294](#)

ГЛАВА VIII.

РЕЗЮМЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ [316](#)

ГЕРОИ НАУКИ.



ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО.

Проследивая развитие любой отрасли естественных знаний, мы обнаруживаем постепенный прогресс от расплывчатых и причудливых взглядов на Природу к точным и определенному. Мы обнаруживаем, что по мере того, как человеческие представления о явлениях природы становятся более точными, они также на какое-то время становятся более ограниченными, но это ограничение необходимо для того, чтобы факты могли быть правильно классифицированы, и таким образом может быть заложена основа для обобщений, которые, будучи определенными, также могут расширяться.

Поначалу Природа странна; она полна чудесных и пугающих проявлений. Человек подавлен внезапными и, по-видимому, нерегулярными вспышками бурь, капризными причудами грома и молнии, ужасными и необъявленными разрушениями вулкана или землетрясения; он считает, что окружен невидимым множеством существ, более могущественных, чем он сам, но, как и он сам, изменчивых в своем настроении и легко поддающихся гневу. Через некоторое время он начинает обнаруживать, что можно проследить точки связи между некоторыми явлениями, которые так подавляли или сбивали его с толку.

Охотник замечает, что определенные виды растений всегда растут там, где в основном водится дичь, за которой он охотится; по виду неба утром и вечером рыбак может сказать, наступит ли погода, подходящая для того, чтобы отправиться в рыбацкую лодку; земледelec начинает чувствовать уверенность в том, что если он посеет семена в хорошо перекопанную почву и будет поливать их в надлежащее время года, то непременно соберет урожай в должное время. И таким образом человек приходит к убеждению, что природные события следуют друг за другом в определенном порядке; с его стороны возникает сознательная привязка определенных эффектов к определенным причинам. Началось точное познание.

По мере развития знаний о природных явлениях наступает время, когда люди посвящают себя главным образом тщательному изучению какого-то одного класса фактов; они пытаются рассматривать ту часть Природы, которая их больше всего интересует, как отдельную от всех других частей Природы. Таким образом, различные отрасли естественных знаний начинают существовать каждая по-своему. Эти отрасли становятся все более и более подразделяемыми, каждый раздел изучается более точно, и, таким образом, во многих классах накапливается огромное количество фактов. Затем мы обычно обнаруживаем, что возникает выдающийся ум, который показывает связь, существующую между различными частями каждого раздела естественного знания, который имеет широкий, далеко идущий взгляд на весь диапазон области знания, которую он изучает, и который, в то же время, способен удерживать в своем видении все важные детали каждой отрасли, из которой состоит эта область.

И, таким образом, мы снова получаем широкие представления о природе. Но они сильно отличаются от расплывчатых и колеблющихся представлений, с которых зарождалось

естественное знание. В это более позднее время люди видят, что Природа одновременно проста и сложна; что она более удивительна, чем мечтали их отцы, но что за всей этой сложностью скрывается определенная цель; что, казалось бы, отдельные факты связаны воедино определенными законами, и что обнаружить эту цель и эти законы возможно для человека.

Когда мы прослеживаем этот прогресс в различных отраслях естественных знаний, нас поражает тот факт, что каждое важное достижение обычно совершается одним или двумя ведущими людьми; мы обнаруживаем, что становится возможным сгруппировать историю каждого периода вокруг нескольких центральных фигур; и мы также узнаем, что характер работы, выполняемой каждым из этих выдающихся людей, зависит от характера и подготовки отдельного человека.

На следующих страницах я попытаюсь дать отчет о прогрессе химической науки, сгруппировав факты на каждой стадии прогресса вокруг фигур одного или двух выдающихся людей того периода.

Для целей этой книги будет необходимо, чтобы я описал только наиболее важные периоды в истории химического прогресса, и чтобы в каждом из них я отметил только наиболее заметные моменты.

Поэтому я выделю три периода в развитии этой науки и попытаюсь дать отчет об основной работе, проделанной в каждом из них. И периоды будут следующими:—

I. Период, в течение которого, главным образом благодаря работам Блэка, Пристли и Лавуазье, была определена цель химической науки и четко сформулированы основные характеристики изучаемых явлений.

II. Период, в течение которого, главным образом благодаря трудам Дальтона, Берцелиуса и Дэви, были сформулированы великие центральные положения науки, которые были развиты в определенную теорию. Поскольку работа Грэма в значительной степени относится к этому периоду, хотя и хронологически более позднему, я также рассмотрю ее.

III. Период, когда, главным образом благодаря достижениям органической химии, были введены более широкие и далеко идущие системы классификации, а положения, изложенные в предыдущий период, были изменены и усилены. Рабочих в тот период было очень много; я остановлюсь главным образом на этих двоих — Либихе и Дюма.

В заключение я сделаю краткий обзор некоторых важных достижений химической науки в более позднее время и кратко изложу характеристики каждого из трех периодов.



ГЛАВА I.

АЛХИМИЯ: И РАССВЕТ ХИМИИ.

Ранняя химия не была наукой. Древние химики имели дело главным образом с тем, что мы сейчас назвали бы химическим производством; они производили стекло, чистили кожу, окрашивали ткани в фиолетовый и другие цвета, извлекали металлы из руд и изготавливали сплавы металлов. Никаких обоснованных объяснений этих процессов нельзя было ожидать ни от людей, которые просто пользовались рецептами своих предшественников, ни от философов, которые изучали естественные науки не с помощью точных экспериментов, а с помощью собственного разума.

В несколько более поздние времена химия заняла очень важное место в общих схемах, выдвигаемых философами.

Перемены живо отражаются на всем, что окружает человека: стремление найти какое-то пристанище среди хаоса обстоятельств, какую-то неизменную субстанцию под постоянно меняющейся внешностью вещей всегда занимало видное место среди тех, кто изучает явления окружающего их мира. В третьем и четвертом веках нашей эры большое внимание уделялось искусству, которое претендовало на объяснение изменений в Природе. Религия, философия и то, что мы сейчас назвали бы естественной наукой, были в то время тесно переплетены; схема вещей, которая тогда и в течение нескольких столетий после этого оказывала мощное влияние на умы многих мыслителей, в значительной степени основывалась на концепции фундаментального единства, лежащего в основе наблюдаемых различий Вселенной и регулирующего их.

Таким образом, в *Изумрудной скрижали Гермеса*, пользовавшейся большой репутацией в Средние века, мы читаем:

"Истинно, безошибочно, несомненно и наиболее верно: то, что вверху, подобно тому, что внизу, а то, что внизу, подобно тому, что вверху, для совершения чудес *Единого*; и как все вещи произошли из одного, при посредничестве одного, так и все вещи возникли из этого единого путем приспособления: отец этого - Солнце, мать этого - Луна, ветер носил это в своем чреве, кормилица этого - Земля. Это отец всякого совершенства, завершение всего мира".

И снова, в более поздней работе мы заложили основу искусства алхимии в предположении, что "в природе существует определенная чистая материя, которая, будучи открыта и доведена искусством до совершенства, пропорционально преобразует в себя все несовершенные тела, к которым прикасается".

Открытие этого фундаментального принципа, этой *Единственной Вещи*, стало объектом всех исследований. Предполагалось, что Земля и небеса связаны воедино всепроникающим

присутствием Единого; тот, кто достигнет знания об этой драгоценной сущности, будет обладать всей мудростью. Для видения тех, кто продолжал поиски Единой Вещи, вся вселенная была наполнена одним вечно действующим духом, скрытым то за этой, то за той завесой чувств, вечно ускользающим от идентификации в какой-либо конкретной форме, но, безусловно, способным быть постигнутым прилежным исследователем.

Аналогия была главным ориентиром в этих поисках. Если бы было допущено, что все явления природы являются проявлениями действия одного сущностного принципа, тогда самые смутные и надуманные аналогии между явлениями природы могли бы, при правильном проведении, привести к постижению этой скрытой, но присутствующей повсюду сущности.

История алхимии самым поразительным образом показывает опасности, подстерегающие этот метод изучения Природы; эта история учит нас, что аналогии в естествознании, если они не основаны на тщательно и точно установленных фактах, обычно совершенно вводят в заблуждение.

Давайте рассмотрим природу экспериментальных доказательств, которые алхимик четвертого или пятого века мог привести в пользу своего утверждения о том, что превращение одного вида материи в другой происходит в Природе постоянно.

Алхимик нагрел некоторое количество воды в открытом стеклянном сосуде; вода медленно исчезла, и когда она вся ушла, в сосуде осталось небольшое количество твердого вещества белого землистого цвета. Чему мог научить этот эксперимент, кроме того, что вода превратилась в землю и воздух? Затем алхимик погрузил кусок раскаленного докрасна железа в воду, помещенную под стеклянный сосуд в форме колокола; часть воды, казалось, превратилась в воздух, а свеча, поднесенная к колоколу, вызвала возгорание воздуха в нем. Следовательно, заключил экспериментатор, доказано, что вода может превращаться в огонь.

Затем кусок свинца сильно нагревали на воздухе; он терял свой блеск и превращался в красновато-белый порошок, по своим свойствам очень непохожий на свинец; затем этот порошок нагревали в удобном сосуде с небольшим количеством пшеницы, после чего снова получали свинец. Следовательно, сказал алхимик, свинец разрушается огнем, но его можно воспроизвести из пепла с помощью тепла и нескольких зерен кукурузы.

Теперь экспериментатор приступал к нагреванию некоторого количества минерала, содержащего свинец, в открытом сосуде, сделанном из измельченных костей; свинец медленно исчезал, и в конце эксперимента оставалась серебряная пуговица. Разве он не мог бы торжествующе заявить, что превратил свинец в серебро?

Чтобы доктрина о превращении металлов могла основываться на еще более достоверных доказательствах, алхимик поместил кусочек меди в селитряный спирт (азотную кислоту); металл исчез; в полученную таким образом зеленую жидкость он затем поместил кусочек железа; медь снова появилась, в то время как железо было удалено. Теперь он вполне мог бы сказать, что если свинец был таким очевидным образом превращен в серебро, а медь - в железо, то, мягко говоря, чрезвычайно вероятно, что любой металл может быть превращен в любой другой при условии, что будут найдены надлежащие средства для производства такого превращения.

Но у алхимика-экспериментатора была еще более странная трансмутация, способная убедить самых скептически настроенных людей. Он тонкой струйкой вылил ртуть на расплавленную

серу; ртуть и сера сразу же исчезли, а на их месте оказалось твердое вещество, черное, как вороново крыло. Затем он нагрел это черное вещество в закрытом сосуде, когда оно тоже исчезло, и на его месте было обнаружено отложившееся в более холодной части сосуда твердое вещество ярко-красного цвета. Этот эксперимент преподавал уроки в равной степени алхимику, философу и моралисту того времени. Алхимик узнал, что преобразовать один вид материи в другой - задача несложная; философ узнал, что преобладание изменений или трансмутации является одним из законов Природы; а моралист узнал, что зло не является полностью злом, но содержит также некоторые зачатки добра; ибо разве иссиня-черная субстанция не символизировала зло, а материя красного цвета - добрый принцип вещей?[1]

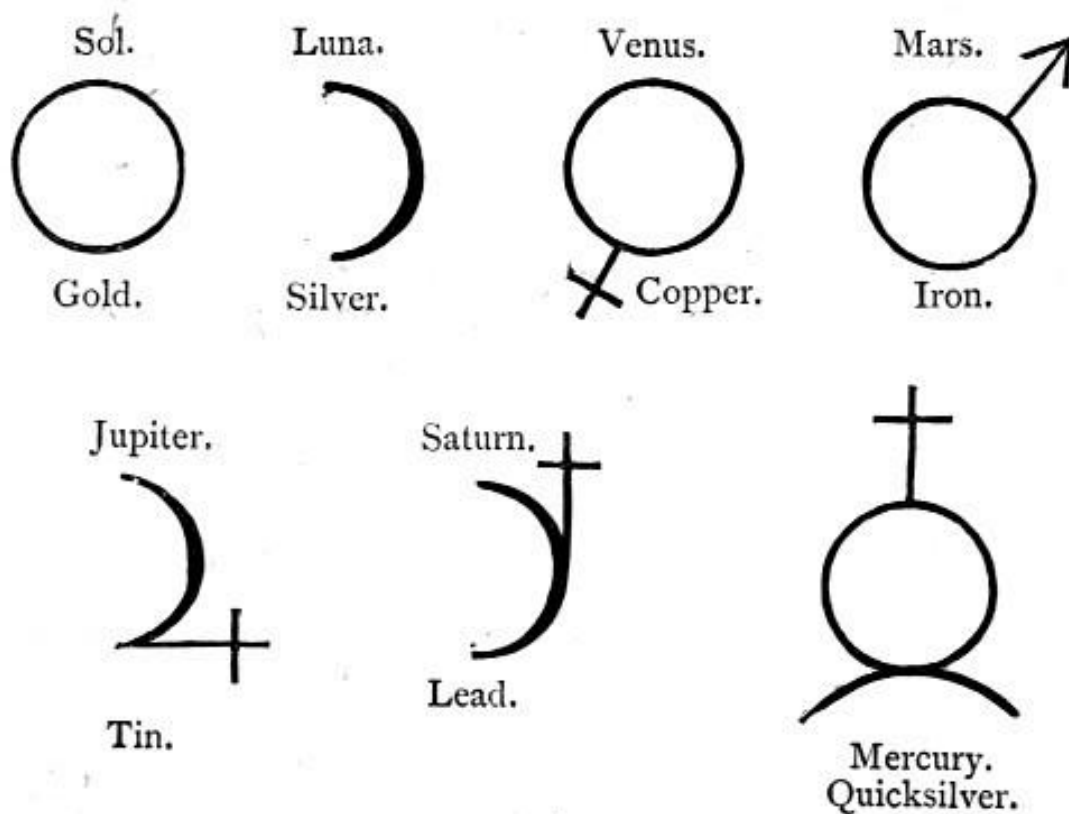
На таких экспериментальных доказательствах, подобных этому, было построено здание алхимии. Считалось, что во всех явлениях природы преобладает тесная взаимосвязь. Что же может быть более естественным, чем рассматривать изменения, происходящие среди форм материи на этой земле, как тесно связанные с изменениями, происходящими среди небесных тел ?

Человек всегда испытывал благоговейный трепет перед величиим звезд; и все же он не мог не заметить, что движения этих тел кажутся капризными. Луна всегда была для него разновидностью изменчивости; только на солнце он, казалось, нашел устойчивую точку опоры. Теперь, когда мы вспоминаем, что в алхимической схеме вещей материальная земля и материальные небеса, интеллектуальный, моральный и духовный мир рассматривались как одно великое целое, части которого непрерывно действовали и реагировали друг на друга, мы не можем удивляться, что алхимик должен рассматривать особые явления, которые он наблюдал в своей лаборатории, или особые формы материи, которые он исследовал, как находящиеся более непосредственно, чем другие явления или другие формы материи, под влиянием небесных тел. Эта связь постепенно становилась все более очевидной для изучающего алхимию, пока, наконец, она не была зафиксирована в языке и символах, которые он использовал.

Таким образом, солнце (Сол) было представлено в виде круга, который также стал символом золота как наиболее совершенного металла. Луна (Luna) постоянно менялась; она была представлена полукругом, который также символизировал бледный металл серебристого цвета.

Медь и железо считались принадлежащими к тому же классу металлов, что и золото, но их менее совершенная природа обозначалась знаком + или ↑. Олово и свинец относились к лунному классу, но, как и медь, считались несовершенными металлами. По своим свойствам Ртуть была одновременно солнечной и лунной.

Эти предположения были обобщены в таких алхимических символах, которые представлены ниже —



Многие алхимические названия сохранились до настоящего времени; так, в фармацевтике название "лунный каустик" применяется к нитрату серебра, а симптомы, указывающие на отравление свинцом, сгруппированы вместе под обозначением "сатурнинхолический".

Но с течением времени более старая и благородная концепция алхимии пришла в упадок.

Если это правда, утверждали позднейшие алхимики, что все вещи подвержены изменениям, но что неизменная сущность или принцип лежит в основе всех изменяющихся вещей, и что присутствие большей или меньшей части этой сущности придает каждой форме материи ее особые свойства, то из этого следует, что тот, кто может сам обладать этим принципом, сможет преобразовать любой металл в любой другой; он сможет превратить любой металл в золото.

Теперь, поскольку обладание золотом всегда было средством роскошной жизни, легко понять, как, когда этот практический аспект алхимии прочно укоренился в умах людей, стремление к искусству стало для всех, за исключением нескольких возвышенных и благородных душ, синонимом стремления к богатству. Так что мы, я думаю, не сильно ошибемся, если опишем химию позднего средневековья как попытку накопить факты, на которых могло бы быть основано искусство изготовления золота. В одном отношении это был прогресс. В первые дни алхимии слишком полагались на ментальные силы при создании естественных фактов: химики теперь действительно работали в лабораториях; и многие из этих алхимиков работали очень усердно.

Парацельс говорит об алхимиках: "Они не склонны к праздности, не носят гордых одеяний или плюшевых и бархатных одежд, часто демонстрируют свои кольца на пальцах, или носят мечи с

серебряными рукоятками сбоку, или тонкие и яркие перчатки на руках; но усердно выполняют свою работу, потея целыми днями и ночами у своих печей. Они не проводят время за границей ради отдыха, а находят удовольствие в своей лаборатории. Они кладут пальцы на угли, в глину и грязь, а не на золотые кольца. Они закопчены и черны, как кузнецы и рудокопы, и не гордятся чистыми и красивыми лицами". Таким образом, "получая удовольствие от своих лабораторий", позднейшие алхимики собрали воедино множество фактов; но их работа была сосредоточена вокруг одной идеи, а именно. что все металлы могут быть превращены в золото, и эта идея была результатом скорее интеллектуальных догадок, чем рассуждений на основе установленных фактов Природы.

Один из самых известных алхимиков средневековья родился в Айнзидельне, в Швейцарии, в 1493 году. Его имя, перефразированное на греческий, стало Парацельсом. Этот человек, некоторые из замечаний которого только что были процитированы, приобрел большую известность как практикующий врач, а также как лектор по медицине: он объездил большую часть Европы и, как предполагается, был обучен применению нескольких новых лекарств арабскими врачами, с которыми он познакомился в Испании. Обладая чрезмерным чувством собственного могущества, пылким и невозддержанным характером, восставая против любого авторитета в медицине или науке, Парацельс все же проделал хорошую работу, призвав людей к изучению природы как единственного средства, с помощью которого можно продвигать естествознание.

"У алхимии есть только одна цель, - учил Парацельс, - извлечь квинтэссенцию вещей и приготовить арканы и эликсиры, которые могут помочь вернуть человеку утраченное им здоровье". Он учил, что видимая вселенная - это всего лишь внешняя оболочка или покрывало, что под этой завесой явлений всегда действует дух; но что не все является активным: "отделить активную функцию (дух) этой внешней оболочки от пассивной" было, по его словам, надлежащей областью алхимии.

Парацельс настойчиво подчеркивал важность изменений, происходящих при горении вещества, и тем самым подготовил почву для Штала и химиков-флогистов.

Как бы мы ни восхищались общими концепциями, лежащими в основе работы ранних алхимиков, мы должны признать, что принятый ими метод исследования мог привести к очень немногим результатам, имеющим долговременную ценность; и я думаю, мы можем добавить, что какими бы скромными ни казались рассуждения этих более старых мыслителей, эта скромность была по большей части лишь кажущейся.

Эти люди были окружены (как и мы) необъяснимыми явлениями: им каждое мгновение напоминали, что человек не является "мерой всех вещей"; и, не вглядываясь слишком пристально в окружающие их тайны, делая смутные выводы из частично исследованных явлений, они, казалось, сразу признали свое собственное бессилие и величие Природы. Но я думаю, что по мере продолжения нашего рассказа мы обнаружим, что это не настоящий вид благоговения, и что он действительно скромный исследователь Природы, который отказывается упускать из виду любой факт, каким бы незначительным он ни был, потому что он чувствует огромную значимость каждой части мира чудес, исследовать которую - его дело и его счастье.

В качестве примеров того, какие объяснения давали алхимики тем аспектам Природы, которые они якобы изучали, я привожу две цитаты из переводов трудов Бэзила Валентина и Парацельса, которые процветали в первой половине пятнадцатого и шестнадцатом веков соответственно.

"Думайте об этом самым усердным образом; часто помните, наблюдайте и постигайте, что все минералы и металлы вместе, в одно и то же время, одинаковым способом и из одного и того же основного вещества образуются. Эта материя есть не что иное, как простой пар, который извлекается из элементарной земли высшими звездами или путем звездной дистилляции макрокосма; этот звездный горячий настой с воздушным сернистым свойством, нисходящий на низшие слои, действует так, что в эти металлы и минералы духовно и незримо внедряется определенная сила и достоинство; более того, этот дым разлагается на земле в определенную воду, из которой с тех пор производятся и созревают до своего совершенства все металлы, и оттуда вытекает тот или иной металл или минерал, в зависимости от того, какой из трех принципов приобретает господство, и в них много или мало серы и соли или их неравномерная смесь; поэтому некоторые металлы являются фиксированными, то есть постоянными или стабильными; а некоторые летучи и легко изменяемы, как это видно в золоте, серебре, меди, железе, олове и свинце".

"Жизнь металлов - это тайная жирность; солей - дух aqua fortis; жемчуга - их великолепие; марказита и сурьмы - металлический привкус; мышьяка - минерал и свернувшийся яд. Жизнь всех людей есть не что иное, как астральный бальзам, бальзамическое впечатление и небесный невидимый огонь, окружающий воздух и привкус соли. Я не могу назвать это более ясно, хотя оно обозначено многими именами".

Когда алхимики давали указания по изготовлению камня, который должен был превращать все, к чему прикасался, в золото, они излагали их таким странным и символическим языком, как этот: "После того, как наша змея была скована своей цепью, пропитана кровью нашего зеленого дракона и девять или десять раз прогнана через горючий огонь в элементарный воздух, если вы не находите ее чрезмерно яростной и чрезвычайно проникающей, это признак того, что вы не затронули нашу тему, понятие однородности или их пропорции; если эта разъяренная змея не прилетит облаком и не уничтожит нас". превратившись в наше девственное молоко или аргентинскую воду, совершенно не вызывающую коррозии и в то же время незаметно пожирающую все, что к ней приближается, становится ясно, что вы ошибаетесь в представлении о нашем универсальном менструуме". Или, опять же, что мог бы сделать из этого любой разумный человек? "В ложе зеленого льва рождаются солнце и луна; они сочетаются браком и порождают короля. Король питается львиной кровью, которая является отцом и матерью короля, которые в то же время являются его братом и сестрой. Боюсь, я выдаю тайну, которую я обещал моему учителю скрыть в темных речах от любого, кто не знает, как управлять философским огнем.

Относительно того же льва другой ученый автор говорит, что "хотя он и называется львом, это не животная субстанция, но за его превосходящую силу и грубость происхождения его называют зеленым львом". Но в минуту уверенности он добавляет: "У этого ужасного зверя так много имен, что, если Бог не направит ищущего, отличить его будет невозможно".

И еще раз. "Возьми двух наших змей, которых можно найти повсюду на земле: свяжи их любовным узлом и запри в арабской *карахе*. Это первый труд; но следующий будет более трудным. Ты должен расположиться лагерем против них с помощью природного огня и быть

уверенным, что ты развернешь свой строй кругом. Окружите их и остановите все пути, по которым они не найдут облегчения. Терпеливо продолжайте эту осаду, и они превратятся в уродливую ядовитую черную жабу, которая превратится в ужасного всепожирающего дракона, ползающего и копошащегося на дне своей пещеры без крыльев. Ни в коем случае не прикасайся к ней, ибо нет на земле такого сильного, превосходящего яд. Как ты начал, так продолжай, и этот дракон превратится в лебедя. Отныне я покажу тебе, как укреплять твой огонь, пока не появится феникс: это красная птица очень глубокого цвета, с ярким огненным оттенком. Накорми эту птицу огнем ее отца и эфиром ее матери, ибо первое - это мясо, а второе - питье, и без этого последнего она не достигает своей полной славы. Обязательно пойми этот секрет" и т.д., и т.п.

Алхимики говорили о двенадцати вратах, через которые должен пройти тот, кто хочет достичь дворца истинного искусства: эти двенадцать врат должны были открываться двенадцатью ключами, описания которых, изложенные странным и символическим языком, были даны в алхимических трактатах. Так, в "Возрождении Рипли"[2] мы читаем, что каноник Рипли из Бридлингтона, живший во времена Эдуарда IV, воспел таким образом первые врата, которые были "Прокаливанием":—

"Битва выиграна, завоевание выиграно,
лионский мертвец воскрес;
Орел, который его сразил, мертв,
И оба лишены рассудка.
Ливни прекращаются, роса, которая падала
в течение шести недель, не поднимается;
Уродливая жаба, которая так раздулась
От набухания, лопается и умирает".

А о третьих вратах, или "Соединении", мы находим в Каноне следующее высказывание:

"Он был королем, но мертв настолько, насколько это вообще возможно;
Его сестра королева,
У которой при виде брата перехватило дыхание,
Подобного никто никогда не видел,
Она плакала
До тех пор, пока ее глаза
От переизбытка слез не затуманились -
Так долго, что слезы
достигли ушей:
королева утонула, но король выплыл".

В некоторых книгах эти врата и ключи символически представлены на рисунках, *например*, в брошюре Парацельса под названием "Tripus Aureus, hoc est Tres Tractates chymici selectissimi". (Frankfurt, 1618.)

Очевидно, что метод изучения Природы, который привел к таким туманным объяснениям, как эти, был в высшей степени приспособлен для появления многих людей, претендовавших на

обладание секретами, используя которые, они могли добиться поразительных результатов, неподвластных обычным людям; и, в то же время, почти всеобщее признание таких утверждений, подобных тем, которые я процитировал, подразумевало существование у людей в целом удивительной готовности верить чему угодно. Допустим, что человек, "потев целыми днями и ночами у своих печей", может приобрести знания, которые дают ему огромную власть над своими собратьями, из этого неизбежно следует, что многие будут готовы терпеть эти дни и ночи тяжелого труда. И когда мы обнаружим, что это предполагаемое знание скрыто под маской странных и мистических знаков и языка, мы можем с уверенностью утверждать, что найдутся многие, кто научится повторять эти странные термины и использовать эти мистические знаки, не пытаясь проникнуть в истины, которые лежат за ними — на самом деле, не веря, что мистический механизм, который они используют, вообще имеет какое-либо реальное значение.

Фактически, мы обнаруживаем, что эпоха алхимиков породила множество обманщиков, которые, бормоча заклинания и выполняя несколько трюков, которые сейчас презирал бы любой обычный фокусник, могли заставить толпы людей поверить, что они обладают сверхъестественной силой контролировать естественные действия, и, исходя из этой веры, заставить их расстаться со своими деньгами и состоянием.

Один уважаемый врач из Гааги, принимавший странствующего алхимика, жалуется, что этот человек вошел в свою "лучше всего обставленную комнату, не вытирая башмаков, хотя они были полны снега и грязи". Однако врач был вознагражден, поскольку незнакомец подарил ему, "из своего философского сочувствия, размером с семечко репы", столь желанный камень мудрости.

То, что общепринятый алхимик был человеком, который использовал жаргон странных и высокопарных слов, чтобы лучше обманывать тех, кому он якобы помогал, очевидно из литературы шестнадцатого и семнадцатого веков.

В пьесе "Алхимик" Бен Джонсон рисует персонажа как Утонченного, так и законченного негодяя, чья цель - вытащить деньги из карманов тех, кто достаточно глуп, чтобы доверять ему, и кто никогда не стесняется использовать для этого самые низменные средства. Из речей Тонких мы можем узнать, какой жаргон использовали люди, которые притворялись, что могут излечивать болезни и превращать все неблагородные металлы в золото.

-Тонко. Назовите неприятности и мученичество металлов в этой работе.

Лицо. Сэр, гниение,
Растворение, омовение, возгонка,
Когобация, прокаливание, цементация и
Фиксация.

SUB. А когда наступает оживление?

Лицо. После умерщвления плоти.

SUB. Что такое когобация?

Лицо. Это наливание на
Тебя "царской водки", а затем отведение его
В тройной круг семи сфер.

SUB. А какой у тебя меркурий?

Лицо. Очень беглый преступник; он исчезнет, сэр.

SUB. Откуда ты его знаешь?

Темп. По его вязкости,
маслянистости и приторности.

Даже в четырнадцатом веке Чосер (в "Рассказе иомена каноника") изображает алхимика простым хитрым мошенником. Священника уговаривают дать алхимику денег, и ему говорят, что ему покажут превращение неблагородного металла в золото. Алхимик занимается приготовлениями и посылает священника за углями.

"И пока он был бесом, эта злобная развалина,
Этот ложный шанун (нечистая сила, обманувшая его фечче)
Из-за пазухи он достал беченовый коул,
В котором была проделана тонкая дырочка,
И в нее был вставлен серебряный лаймайл
Один раз, и заткнут был без файла
Дырочку тканью, чтобы лаймайл оставался внутри.
И пойми, что этот ложный гинеколог
не был там маадам, но он был маадам раньше".

Этот "ложный гинеколог", помещенный в тигель и обожженный вместе с остальными ингредиентами, должным образом выпустил свои "серебряные лаймайлы" (опилки), которые имели форму маленькой серебряной пуговицы, и таким образом завершил цель "ложного шануна" по обману своей жертвы.

Алхимики накопили много фактов: они приобрели немалые знания о проявлениях Природы, но над ними доминировала единственная идея. Живя среди чрезвычайно сложного порядка вещей, окруженные странной и, по-видимому, капризной чередой явлений, они были убеждены, что человеческий разум, направляемый учением Церкви и поддерживаемый им, проведет их через лабиринт. И вот они приступили к изучению Природы с предвзятыми представлениями и заранее сделанными выводами: хотя многие из них были полны энтузиазма

и решимости узнать, они, тем не менее, потерпели неудачу, потому что отказались идти по единственному пути, который ведет к истинному прогрессу в естествознании, — пути беспристрастного точного эксперимента и тщательного рассуждения на основе экспериментально установленных фактов.

И даже когда они убедились, что их цели призрачны, они не смогли вырваться из порочной системы, которая их связывала.

"... Я сломлен и приучен
к своим старым привычкам: они - часть меня.
Я знаю, и не так хорошо, что мои дорогие цели
Оказываются невозможными: не меньше, не меньше,
Даже сейчас меня радует то, что
Их слабые призраки сидят со мной и льстят мне,
И отправляют меня довольным в мой скучный круговорот."^[3]

Одно из наиболее часто происходящих и наиболее заметных изменений в свойствах материи - это то, что происходит, когда горит кусок дерева, или свеча, или некоторое количество масла. Твердое дерево, или свеча, или жидкое масло медленно исчезают, и это исчезновение сопровождается видимым образованием пламени. Даже тяжелые неподвижные металлы, олово или свинец, могут гореть; при этом образуется свет, часть металла, кажется, исчезает, и остается белое (или красноватое) твердое вещество, сильно отличающееся от исходного металла. Процесс горения представляет все те особенности, которые способны поразить наблюдателя изменений в Природе; то есть которые способны поразить химика, поскольку всегда считалось, что химия имеет своей целью объяснение изменений, которым подвергается материя. Химики семнадцатого и восемнадцатого веков были в основном заняты попытками объяснить этот процесс горения.

Ван Гельмонт (1577-1644), который был врачом и химиком из Брюсселя, четко различал обычный воздух и другие "эфир" или газы, получаемые различными способами. Роберт Гук (1635-1703), один из первых членов Королевского общества, в "Микографии, или Философском описании мельчайших тел", опубликованной в 1665 году, на основании результатов многочисленных экспериментов пришел к выводу, что в обычном воздухе существует особый вид газа, подобный или, возможно, идентичный газу или воздуху, который получается при нагревании селитры; и он далее предположил, что при горении твердого вещества оно растворяется (или, как мы должны теперь сказать, превращается в газ при соединении с) этим особым компонентом воздуха.

Джон Мэйоу (1645-1679), врач из Оксфорда, проводил эксперименты на основе фактов, установленных Гуком. Он показал, что когда вещество, *например*, свеча, горит на воздухе, объем воздуха тем самым уменьшается. Той части воздуха, которая *растворила* сгоревшее вещество, он дал название *селитровоздушной* и утверждал, что этот воздух существует в конденсированном виде в виде селитры, потому что сера горит при нагревании с селитрой в отсутствие обычного воздуха. Мэйоу добавил самый важный факт — факт, который был забыт многими более поздними экспериментаторами, — что твердое вещество, получаемое при

сжигании металла на воздухе, весит больше, чем сам металл до сжигания. Он объяснил это увеличение веса тем, что горящий металл поглощает частицы "селитро-воздуха" из атмосферы. Таким образом, Гук и Мэйоу действительно установили тот факт, что обычный воздух состоит более чем из одного определенного вида материи — другими словами, обычный воздух не является элементом; но до недавнего времени термин "элемент" или "элементарный принцип" использовался без какого-либо определенного значения. Когда мы говорим, что древние и алхимики признавали четыре элемента — землю, воздух, огонь и воду, — мы не придаем слову "элемент" того определенного значения, которое мы придаем сейчас, когда говорим: "Железо - это элемент".

Из земли, воздуха, огня и воды были получены другие вещества; или, возможно, оказалось возможным разложить другие вещества на одно или несколько из этих четырех. Но даже такому слову, как "субстанция" или "материя", нельзя было придать никакого определенного значения. Таким образом, хотя факты, изложенные Гуком и Мэйоу, могли бы сейчас оправдать утверждение о том, что воздух не является элементом, в 1670 году они не обязательно доносили это значение до сознания людей. Различие между элементом и соединением было гораздо более четко изложено достопочтенным Дж. Роберт Бойль (1627-1691), чьи работы по химии были удивительно точными и скрупулезными, и чьи труды характеризуются острой научной аргументацией. Мы снова вернемся к этим терминам "элемент" и "соединение".

Но видимым и поразительным явлением в большинстве процессов горения является образование света, а иногда и пламени. Важность того факта, что сгоревшее вещество (когда это твердое вещество) весит больше, чем несгоревшее вещество, была омрачена очевидной важностью внешней части процесса, которая вряд ли могла быть оставлена без внимания каким-либо наблюдателем. Похоже, что происходит выброс *чего-то* из горящего вещества. *Происходит* выброс чего-то, сказали Бехер и Шталь, и это что-то является "принципом огня". Принцип огня, говорили они, имеет очень тонкую природу; его частицы, которые всегда находятся в очень быстром движении, могут проникать в любую субстанцию, какой бы плотной она ни была. Когда металлы горят, — продолжался спор, — они теряют этот принцип огня; когда обожженный металл — или *окалина*, как его обычно называли, — нагревается с древесным углем, он восстанавливает этот "принцип", и таким образом металл восстанавливается из окалины.

Так возникла знаменитая теория *флогистона* (от греческого, = "сгоревший"), который служил центральным ядром, вокруг которого группировались все химические факты на протяжении почти ста лет.

Джон Иоахим Бехер родился в Шпейере в 1635 году и умер в 1682 году; в своих химических работах, наиболее важной из которых является "Подземная физика", он придерживался алхимического представления о том, что металлы состоят из трех "принципов" — нитрифицируемого, горючего и ртутного — и учил, что при прокаливании горючее и ртутное начала удаляются, в то время как нитрифицируемое остается в окалине.

Джордж Эрнест Шталь, родившийся в Анспaxe в 1660 году и умерший в Берлине в 1734 году, уделял особое внимание принципам, которые ускользают при прокаливании металлов, и, упрощая и в то же время придавая большую определенность идее Бехера, он разработал и изложил теорию флогистона.

Но если *что-то* (назовите это "флогистоном" или назовите любым другим именем, которое вам заблагорассудится) теряется металлом при сгорании металла, как получается, что потеря этой вещи сопровождается увеличением веса вещества, которое ее теряет? Либо от теории флогистона следует отказаться, либо свойства *того, что* называется флогистоном, должны сильно отличаться от свойств любого известного вида материи.

Шталь ответил, что флогистон - это "принцип легкости"; присутствие флогистона в веществе приводит к тому, что это вещество весит меньше, чем до того, как оно получило этот флогистон.

Критикуя это странное утверждение, мы должны помнить, что в середине семнадцатого века философы в целом не были твердо убеждены ни в том, что сущностный характер материи заключается в том, что она обладает весом, ни в том, что невозможно уничтожить или создать любое количество материи, каким бы малым оно ни было. Только после того, как экспериментальная работа Лавуазье стала общеизвестной, химики убедились в этих истинах. Тем не менее, противники сталианской доктрины были правы, требуя дальнейших объяснений — требуя, чтобы некоторые другие факты, аналогичные этому предполагаемому факту, а именно. то, что вещество может весить меньше, чем ничего, должно быть установлено экспериментально.

Однако флогистическая теория сохранила свои позиции; мы обнаружим, что в ней был определенный элемент истины, но мы также обнаружим, что она нанесла ущерб научному прогрессу. Эта теория представляла собой широкое и размашистое обобщение нескольких фактов; она, безусловно, давала центральную идею, вокруг которой можно было сгруппировать некоторые факты, и было не очень сложно, слегка сократив здесь и слегка добавив там, внести много новых открытий в общую теорию.

Теперь мы знаем, что для объяснения процесса горения требовались гораздо более точные знания, чем те, которыми обладали химики семнадцатого века; но мы должны быть благодарны этим химикам, и особенно Шталю, за то, что они без колебаний сделали обобщение на основе имеющихся у них знаний. Почти все, что предлагается в естествознании, претерпело изменения по мере того, как знания человека о природе стали шире и точнее; но именно потому, что научный исследователь природы использует сегодняшние обобщения как ступеньки к лучшим теориям завтрашнего дня, наука растет "от большего к большему".

Рассматривая состояние химии примерно в середине восемнадцатого века, мы обнаруживаем, что эксперименты и особенно измерения Гука и Мэйоу заложили прочную основу фактов, касающихся процесса горения, но что флогистическая теория, которая, казалось, противоречила этим фактам, имела первостепенное значение; что существование воздуха, или газов, отличающихся от обычного воздуха, было установлено, но о свойствах этого воздуха было известно очень мало и очень неточно; что Бойль отличал элемент от соединения и придавал этим терминам определенное значение, но что, тем не менее, более древние и неточные методы были использованы в химии. обычно использовалось более расплывчатое выражение "элементарный принцип"; и, наконец, что до сих пор было произведено очень мало измерений масс различных видов материи, участвующих в химических превращениях.

СНОСКИ:

[1] Я позаимствовал эти иллюстрации алхимического экспериментального метода у М. "История химии" Хефера, цитируемая в "Британской энциклопедии", искусство. "Алхимия".

[2] "Возрождение Рипли: или изложение герметико-поэтических произведений сэра Джорджа Рипли" Эйриня Филалета. Лондон, 1678 год.

[3]"Парацельс" Браунинга.



ГЛАВА II.

СТАНОВЛЕНИЕ ХИМИИ КАК НАУКИ —ПЕРИОД БЛЭКА, ПРИСТЛИ И ЛАВУАЗЬЕ.

Джозеф Блэк, 1728-1799. Джозеф Пристли, 1733-1804. Antoine Laurent Lavoisier, 1743-1794.

В течение этого периода развития, который в общих чертах можно определить как охватывающий вторую половину восемнадцатого века, цель и размах химической науки были четко обозначены трудами Блэка, Пристли и Лавуазье. Работа этих людей была связана главным образом с процессом горения. Блэк и Пристли наконец доказали существование воздуха или газов, отличных от обычного, и Лавуазье применил эти открытия, чтобы дать четкое объяснение того, что происходит, когда вещество горит.

Джозеф Блэк родился недалеко от Бордо в 1728 году. Его отец происходил из шотландской семьи, но был уроженцем Белфаста; его мать была дочерью мистера Гордона из Хилхеда в Абердиншире. Доктор Робисон сообщает нам в своем предисловии к лекциям Блэка, что Джон Блэк, отец Джозефа, был человеком "с самыми приятными манерами, искренним и либеральным в своих чувствах и не обладал никакой общей информацией".

В возрасте двенадцати лет Блэка отправили домой в школу в Белфасте; проведя там шесть лет, он в 1746 году поступил в Университет Глазго. Мало что известно о его успехах в школе или университете, но, судя по письмам отца, которые сохранил его сын, он, похоже, посвятил себя учебе. Во время учебы в Глазго его привлекла физическая наука, и он выбрал медицину в качестве профессии. Став учеником доктора Каллена, он был сильно впечатлен важностью химических знаний для студента-медика. Доктор Каллен, по-видимому, был одним из первых, кто широко и философски взглянул на сферу применения химической науки и попытался поднять химию из разряда полезного искусства до уровня раздела естественной философии.

Такого человека, должно быть, привлек молодой студент, чья работа уже была одновременно точной в деталях и широкой по общему охвату.

В записях о работе, которые Блэк вел в это время, отражены те качества методической организации, настойчивости и скрупулезности, которые так ярко проявляются в его опубликованных исследованиях и лекциях. В одном месте мы находим, говорит его биограф, много разрозненных фактов и записей различных наблюдений, но в следующий раз, когда он обращается к тем же предметам, мы обычно отмечаем аналогичные факты и делаем некоторые выводы — у нас есть зачатки знаний. Однажды приступив к расследованию, Блэк неуклонно работает над ним до тех пор, пока не получит определенных результатов.

Его ранние заметки касаются главным образом жары и холода; примерно в 1752 году он начинает упоминать тему "неподвижного воздуха".

Около 1750 года Блэк поступил в Эдинбургский университет, чтобы завершить свое медицинское образование, и здесь ему снова посчастливилось найти действительно ученого студента, занимающего кафедру естественной философии.

В то время внимание врачей было направлено на действие известковой воды как средства от камней в мочевом пузыре. Все лекарства, которые хоть как-то помогали облегчить боль, сопутствующую этой болезни, более или менее напоминали "каустическую кислоту из котлов для мыла" (или, как мы теперь должны называть это, едкий поташ или соду). Эти едкие лекарства в основном готовились путем воздействия негашеной извести на какое-либо другое вещество, и обычно предполагалось, что негашеная известь приобретает свои едкие или разъедающие свойства благодаря огню, который использовался для превращения обычного известняка в негашеную известь.

Когда негашеную известь нагревали с "неподвижными щелочами" (т.е. с карбонатом калия или натрия), это превращало эти вещества в едкие вещества, которые оказывали разъедающее действие на животные вещества; отсюда был сделан вывод, что негашеная известь получила "силу" — или, по некоторым данным, получила "огненное вещество" — от огня и передала это неподвижным щелочам, которые, таким образом, приобрели свойство разъедать животные вещества.

Блэк подумал, что ему, возможно, удастся заполучить это "магматическое вещество", которое, как предполагалось, извлекается известняком из огня; но он обнаружил, что известняк теряет вес при превращении в негашеную известь. Затем он растворил известняк (или мел) в соляном спирте (соляной кислоте) и сравнил потерю веса, которой подвергается мел в этом процессе, с потерей такого же количества мела при сильном нагревании. Это исследование привело Блэка к более полному изучению воздействия тепла на мел и "слабую магнезию" (или, как мы сейчас говорим, карбонат магния).

Чтобы его эксперименты были полными, а выводы обоснованными, он отложил получение степени доктора медицины на три года. Он получил степень доктора медицины в 1755 году и представил свою диссертацию на тему "Магнезия Белая, негашеная известь и другие щелочные вещества", в которой содержались результаты, вероятно, первого точного количественного исследования химического действия, которым мы обладаем.

Блэк получил слабую магнезию (карбонат магния) путем совместного кипячения растворов английской соли (сульфат магния) и фиксированной щелочи (карбонат калия). Он показал, что при нагревании слабой магнезии —

1. Он значительно уменьшился в объеме.
2. Он теряет вес (двенадцать частей превращаются в пять, по словам Блэка).
3. Не осаждает известь из растворов этого вещества в кислотах (Блэк уже показал, что слабая магнезия действительно осаждает известь).

Затем он сильно нагрел взвешенное количество слабой магнезии в реторте, соединенной с приемником; в приемнике было получено несколько капель воды, но магнезия потеряла в весе в шесть или семь раз больше, чем вес полученной воды. Затем Блэк вспоминает эксперименты Хейлса, в которых готовился воздух, отличный от обычного, и приходит к выводу, что потеря веса, наблюдаемая при прокаливании слабой магнезии, вероятно, вызвана выделением под действием тепла какого-либо вида воздуха. Растворив немного своей слабой магнезии в кислоте, он заметил, что возникает шипение, и из этого он заключил, что тот же самый воздух, который, согласно его гипотезе, выводится под действием тепла, также выводится из слабой магнезии под действием кислоты. Затем он приступил к проверке этой гипотезы. Сто двадцать крупинок слабой магнезии подвергали сильному прокаливанию; прокаленное вещество в количестве семидесяти крупинок растворяли в разбавленном масле купороса, и этот раствор смешивали с обычной фиксированной щелочью (карбонатом калия). Полученное таким образом твердое вещество было собрано, промыто и взвешено; оно составляло немногим меньше ста двадцати гран и обладало всеми свойствами — подробно описанными Блэком — исходной слабой магнезии. Но это именно тот результат, который должен был произойти согласно его гипотезе.

Следующим шагом в исследовании был сбор специфического воздуха, который, как оказалось, выделялся при прокаливании слабой магнезии. Этому веществу он дал название "неподвижный воздух", потому что оно было неподвижно или удерживалось магнезией. Блэк установил наличие этого воздуха в выдыхаемом воздухе животных, а также показал, что он присутствовал в воздухе, выделяющемся при брожении вина. Он продемонстрировал несколько его свойств; среди них тот факт, что животные умирают, когда их помещают в этот воздух. Воздух с аналогичными свойствами был получен путем прокаливании мела. Блэк утверждал, что химические изменения, происходящие при обжиге мела, в точности аналогичны тем, которые, как он доказал, происходят при сильном нагревании магнезии. Следовательно, мел должен терять вес при прокаливании; остаток должен нейтрализовать кислоту без выделения какого-либо газа, и количество нейтрализованной таким образом кислоты должно быть таким же, какое нейтрализовал бы некальцинированный мел; наконец, должна быть возможность извлечения некальцинированного мела путем добавления фиксированной щелочи к раствору прокаленного мела или негашеной извести.

Фактические результаты, полученные Блэком, были следующими:—

Сто двадцать крупинок мела растворили в разбавленной соляной кислоте; для нейтрализации мела потребовалась 421 крупинка кислоты и выделилось 48 крупинок неподвижного воздуха. Сто двадцать крупинок того же образца мела были сильно прокалены, а затем растворены в разбавленной соляной кислоте; для нейтрализации прокаленного мела потребовалось 414

крупинок кислоты. Разница между цифрами 421 и 414 очень незначительна; учитывая состояние практической химии во времена Блэка, мы вполне можем согласиться с ним в том, что его вывод о том, что равные массы кальцинированного и некальцинированного мела нейтрализуют одинаковое количество кислоты, был оправдан. Сто двадцать крупинок того же образца мела снова подвергли сильному нагреванию; прокаленный мел в количестве 68 крупинок был обработан раствором фиксированной щелочи в воде. Полученное таким образом вещество, промытое и высушенное, весило 118 гран и обладало всеми свойствами обычного мела. Следовательно, указанный Блэк, можно извлечь весь мел, первоначально присутствовавший перед прокаливанием, путем добавления фиксированной щелочи к прокаленному мелу или негашеной извести.

В то время было известно, что негашеная известь растворяется в воде, но обычно считалось, что только примерно четвертая часть (или, возможно, чуть больше) любого образца негашеной извести может быть растворена водой, сколько бы воды ни использовалось. Исследования Блэка привели его к рассмотрению негашеной извести как гомогенного химического соединения; он пришел к выводу, что, поскольку вода, несомненно, в некоторой степени растворяет негашеную известь, любой образец этого вещества, при условии, что он чистый, должен быть полностью растворим в воде. Тщательно проведенные эксперименты доказали, что вывод Блэка был правильным. Таким образом, Блэк доказал, что негашеная известь - это определенное вещество с определенными фиксированными свойствами, которые характеризуют ее и отличают от всех других веществ; что при поглощении или соединении с другим определенным веществом (неподвижным воздухом) негашеная известь превращается в третье вещество, а именно в мел, который также характеризуется свойствами, столь же определенными и выраженными, как у негашеной извести или неподвижного воздуха.

Блэк, так же как и алхимики, признавал тот факт, что в Природе постоянно происходят изменения; но он четко установил важнейший вывод о том, что эти естественные изменения происходят в определенном порядке, и что путем тщательного эксперимента и справедливых рассуждений возможно получить представление об этом порядке. Он начал великую работу по показу того, что, как в других областях естествознания, так и в химии, которая является преимущественно изучением изменений в природе, "единственное отчетливое значение этого слова "(естественный)" *установлено, зафиксировано или установлено*" ("Аналогия" Батлера, опубликована в 1736 году).

Это исследование Блэка является образцом того, какой должна быть научная работа. Он начинает с нескольких наблюдений за каким-либо природным явлением; их он дополняет тщательными экспериментами и, таким образом, устанавливает надежную основу фактов; затем он строит на этой основе общую гипотезу, которую затем проверяет, выводя из нее определенные необходимые выводы и доказывая или опровергая их, обращаясь к Природе. Это научный метод; это здравый смысл, доведенный до точности.

Вскоре после публикации диссертации о магнезии и негашеной извести на химической кафедре в Университете Глазго открылась вакансия, и Блэк был назначен профессором анатомии и лектором химии. Поскольку он не чувствовал себя полностью подготовленным для чтения лекций по анатомии, он договорился об обмене предметами с профессором медицины, и с этого времени он читал лекции по химии и "Медицинским институтам".

Блэк уделял много внимания и времени преподавательским обязанностям на своей кафедре. Его химические экспериментальные исследования за это время продвинулись не сильно; но он читал курсы лекций, в которых новый свет проливался на весь спектр химической науки.

В период с 1759 по 1763 год Блэк исследовал явления тепла и холода и дал объяснение, основанное на точных экспериментах, тепловых изменений, сопровождающих плавление твердых тел и испарение жидкостей.

Если кусочки дерева, свинца и льда взять рукой из коробки, в которой они хранились холодными, дерево кажется холодным на ощупь, свинец на ощупь холоднее дерева, а лед на ощупь холоднее свинца; отсюда был сделан вывод, что рука получает холод от дерева, больше холода от свинца и больше всего холода от льда.

Блэк, однако, показал, что дерево действительно отводит тепло от руки, но поскольку дерево быстро нагревается, процесс вскоре прекращается; что свинец, нагреваясь не так быстро, как дерево, отводит от руки больше тепла, чем дерево, и что лед отводит больше тепла, чем дерево или свинец.

Блэк считал, что тепло, получаемое при таянии льда от теплого тела, остается в образующейся воде; как только наступила зима, он приступил к проверке этого предположения, сравнив время, необходимое для таяния одного фунта льда и повышения температуры одного фунта воды на один градус, причем источник тепла в каждом случае был один и тот же. Он также сравнил время, необходимое для понижения температуры одного фунта воды на один градус, с временем, необходимым для замораживания одного фунта ледяной воды. Он обнаружил, что для того, чтобы растопить один фунт льда без повышения его температуры, к льду нужно добавить столько тепла, сколько достаточно для повышения температуры одного фунта воды примерно на 140 градусов по Фаренгейту на термометре. Но это тепло, добавленное ко льду для превращения его в воду, не отображается термометром. Блэк назвал это "*скрытым теплом*".

Экспериментальные данные и полная теория скрытого тепла содержались в докладе, прочитанном Блэком перед частным обществом, собравшимся в Университете Глазго 23 апреля 1762 года; но, похоже, что до этой даты Блэк привык преподавать теорию в своих обычных лекциях.

Теория скрытого тепла также должна объяснять явления, наблюдаемые при превращении жидкой воды в пар. Блэк применил свою теорию в целом к этому изменению, но не смог полностью проработать детали и фактически измерить количество тепла, которое поглощается водой при температуре кипения, прежде чем она полностью превращается в пар при той же температуре, пока несколько лет спустя ему не помог его ученик и друг Джеймс Уатт.

Рассматривая явления природы, Блэк настаивал на важности этих экспериментально установленных фактов — что перед таянием льда он должен поглотить большое количество тепла, а перед испарением воды он должен поглотить еще одно большое количество тепла, причем это количество тепла возвращается окружающим веществам, когда водяной пар снова становится жидкой водой и когда жидкая вода превращается в лед. Он позволяет своему воображению представить влияние этих свойств воды на изменение и улучшение климата тропических и северных стран. В своих лекциях он говорит: "Здесь мы также можем проследить еще одну великолепную цепочку изменений, которые прекрасно соответствуют потребностям жителей этого земного шара. В экваториальных регионах разрушительному накоплению

удушающего солнечного тепла препятствует обильное испарение. Вода, запасенная теплом испарения, затем поднимается в атмосферу до тех пор, пока самый разреженный пар не достигнет очень холодных областей воздуха, где небольшая его часть немедленно превращается в пушистое облако. Это также дополнительно смягчает палящий зной за счет своей непрозрачности, обеспечивая приемлемую функциональность экрана. Оттуда облака уносятся во внутренние страны, образуя источники в горах, которые должны питать бесчисленные ручьи, орошающие поля. И благодаря постоянному действию причин, которые относительно однородны, большая часть паров переходит в приполярные области, где опускается с дождями и росой; и благодаря этому благотворному превращению в дождь из-за холода этих регионов каждая частица пара отдает тепло, которое было скрыто в ней. Это немедленно рассеивается и смягчает суровость этих менее комфортных климатических условий".

В 1766 году Блэк был назначен профессором химии в Эдинбургском университете, на этой должности он оставался до своей смерти в 1799 году. В течение этих тридцати трех лет он посвятил себя главным образом преподаванию и содействию развитию химической науки. Он был особенно тщателен при подготовке своих элементарных лекций, будучи убежден, что крайне важно, чтобы его ученики были хорошо знакомы с принципами химии.

Его здоровье никогда не было крепким, и с возрастом он был вынужден соблюдать большую осторожность в своем питании; его простой и методичный характер и привычки позволяли ему питаться самой простой пищей, принимать пищу и заниматься спортом в установленное время и в фиксированных количествах.

Жизнь Блэка завершилась, как и подобало, в тихой и почтенной старости. У него было много друзей, но жил он в основном один — он никогда не был женат.

26 ноября 1799 года, "сидя за столом со своей обычной едой: немного хлеба, немного чернослива и отмеренное количество молока, разбавленного водой", и держа чашку в руке, когда должен был прощупать последний удар его пульса, он поставил ее на колени, которые были соединены вместе, и поддерживал ее рукой, как человек, чувствующий себя совершенно непринужденно; и в такой позе он скончался, не пролив ни капли и без гримасы на лице, как будто требовался эксперимент, чтобы показать своим друзьям, насколько сильны его нервы. легкость, с которой он удалился".

Блэка характеризовали "умеренность и трезвость мышления"; у него было прекрасное чувство соответствия вещей — того, что писатели старшего поколения называют "приличием". Но он ни в коем случае не был скучным собеседником; он наслаждался общим обществом и был способен принять участие в любом разговоре. Досконально изучив Природу, он, тем не менее, не желал посвящать все свое время лабораторной работе или учебным трудам; более того, он, по-видимому, предпочитал общество хорошо образованных мужчин и женщин обществу специалистов в его собственной или других областях естествознания. Но среди своих настоящих коллег-ученых он, несомненно, проявил себя с лучшей стороны. Среди его наиболее близких друзей были известный политический экономист Адам Смит и не менее знаменитый философ Дэвид Юм. Доктор Хаттон, один из первых работников геологии, был особым другом Блэка; его дружба с Джеймсом Уоттом началась, когда Уотт был студентом в его классе, и продолжалась всю его жизнь.

С такими людьми, как его друзья, и занятый изучением Природы — того безграничного предмета, который человек никогда не может знать в полной мере, но который всегда можно узнавать немного больше год от года, — жизнь Блэка не могла не быть счастливой. Его пример и его учение воодушевляли его студентов; он был таким, каким и должен быть университетский профессор, студентом среди студентов, но в то же время учителем среди учеников. Его работа обеспечила ему место в первом ряду людей науки; его ясность ума, его умеренность, его мягкость, его готовность принять взгляды других при условии, что эти взгляды были хорошо обоснованы на основе экспериментально установленных фактов, позволили ему стать центром круга студентов-ученых, которые смотрели на него одновременно как на своего учителя и друга.

Как лектор Блэк добился исключительного успеха. Он старался сделать все свои лекции простыми и доходчивыми; он оживлял их множеством экспериментов, призванных просто проиллюстрировать особую точку зрения, которую он имел в виду. Он терпеть не мог показуху и хитрость в учителе.

Блэк был категорически против использования гипотез в науке. Доктор Робисон (редактор его лекций) рассказывает, что, будучи студентом в Эдинбурге, он познакомился с Блэком, который заинтересовался им, услышав, как тот с некоторым энтузиазмом высказывался в пользу одного из преподавателей университета. Блэк убедил его в необходимости постоянной экспериментальной работы в естественных науках, дал ему экземпляр "Оптики" Ньютона в качестве модели, по которой следует проводить научную работу, и посоветовал ему "отвергнуть, даже без изучения, любое гипотетическое объяснение, как пустую трату времени и изобретательности". Но когда мы изучаем собственные работы Блэка, мы видим, что под "гипотетическими объяснениями" он имел в виду смутные догадки. Он сам свободно использовал научные (*то есть* точные) гипотезы; действительно, история науки говорит нам, что без гипотез продвижение вперед невозможно. Своими собственными исследованиями Блэк учил, что наука — это не совокупность фактов, а что целью изучающего Природу является объяснение фактов. Но метод, который обычно был в моде до времен Блэка, состоял в том, чтобы собрать воедино несколько фактов, или того, что казалось фактами, и на их основе возвести обширную надстройку из "тщетных фантазий". Натуралисты едва ли еще поняли, что Природа очень сложна, и что догадки и рассуждения на основе догадок, кое-где дополняемые наблюдениями, не были методом, с помощью которого можно было добиться прогресса в усвоении уроков, записанных в этой сложной книге Природы.

Вместо этого расплывчатого и небрежного метода Блэк настаивал на том, что ученик должен стремиться сформировать четкий ментальный образ каждого явления, которое он изучает. Такое изображение можно было получить, только начав с детального наблюдения и эксперимента. Из ряда определенных ментальных образов ученик должен составить картину всего исследуемого природного явления; понимая, что здесь чего-то не хватает или что картина там переполнена, он должен снова обратиться к Природе и получить новые факты, или иногда доказать, что то, что было принято за факты, не имело реального существования, и так, в конце концов, он придет к истинному представлению всего процесса.

Блэк так стремился четко определить, что он знал и чему якобы учил, что предпочитал называть свои лекции "О действии тепла и смесей", а не объявлять их "Систематическим курсом химии".

Его вводная лекция "Тепло в целом" достойна восхищения; следующая цитата покажет ясность его стиля и методичную, но в то же время в высшей степени наводящую на размышления манеру его преподавания: —

"Тепла в целом.

"Чтобы эта обширная тема могла быть рассмотрена с пользой, я предлагаю...

-Во-первых. Чтобы выяснить, что я подразумеваю под словом *тепло* в этих лекциях.

-Во-вторых. Объяснить значение термина *холоди* установить реальную разницу между теплом и холодом.

-В-третьих. Упомянем некоторые из попыток, которые были предприняты для открытия природы тепла или для формирования представления о том, что может быть его непосредственной причиной.

Наконец, в-четвертых. Я начну описывать ощутимые эффекты, производимые теплом на тела, которым оно передается.

"Любой человек, размышляющий над идеями, которые мы вкладываем в слово *тепло* поймет, что это слово используется в двух значениях или для выражения двух разных вещей. Это означает либо ощущение, возбуждаемое в наших органах, либо определенное качество, привязанность или состояние окружающих нас тел, посредством которых они возбуждают в нас это ощущение. Это слово используется в первом смысле, когда мы говорим, что чувствуем тепло; во втором, когда мы говорим, что тепло есть в огне или в горячем камне. В огне или в горячем камне не может быть ощущения тепла, но материя огня или камня находится в состоянии, при котором она возбуждает в нас ощущение тепла.

Теперь, начиная рассматривать тепло и его эффекты, я предлагаю использовать это слово только во втором значении; или как выражающее то состояние, кондицию или качество материи, благодаря которому оно возбуждает в нас ощущение тепла. Это понятие тепла будет немного изменено и расширено по мере нашего продвижения, но значение слова останется в основе своей тем же, и причина модификации будет легко понята".

То, как Блэк обращается с феноменом горения, иллюстрирует ясность представлений, которые он сформировал о природных явлениях, и, более того, показывает совершенно непредвзятую природу его ума. Как только он убедил себя, что баланс доказательств был в пользу новой (антифлогистической) теории, он отказался от тех доктрин, в которых он был обучен, и принял учение французских химиков; но он не рассматривал новую теорию как окончательное утверждение, как могли бы сделать некоторые с менее уравновешенными умами, а скорее как один из этапов, приближающих к полному объяснению, установлению которого послужат будущие эксперименты и рассуждения.

В своих лекциях о горении Блэк прежде всего устанавливает факты, что при сжигании тела оно превращается в вид (или виды) материи, которая больше не является горючей; что для продолжения горения необходимо присутствие воздуха; что вещество должно быть нагрето "до определенной степени", прежде чем начнется горение или воспламенение; что эта степень тепла (или мы должны теперь сказать эта степень температуры) различна для каждого горючего вещества; что подача воздуха должна быть возобновлена, если горение должно продолжаться;

и что процесс горения приводит к изменению качества воздуха, подаваемого к горящему веществу. тело.

Затем он излагает флогистическую интерпретацию этих явлений: горение вызывается выбросом из горящего тела чего-то, называемого *принципом огня*, или *флогистоном*.

Затем Блэк переходит к демонстрации некоторых других фактов: —Когда вещества, полученные при сжигании фосфора или серы, нагреваются с углеродом (древесным углем), воспроизводятся исходные фосфор или сера. Такое размножение происходит, по мнению химиков-флогистов, из-за отдачи углеродом флогистона, который выделился при горении. Следовательно, углерод содержит много флогистона. Но поскольку аналогичное воспроизводство фосфора или серы из веществ, полученных при сжигании этих тел, может быть достигнуто путем использования веществ, отличных от углерода, очевидно, что эти другие вещества также содержат много флогистона, и, более того, что флогистон, содержащийся во всех этих веществах, представляет собой один и тот же *принцип*. Что же тогда, спрашивает он, это за "принцип", который может так ускользнуть и быть так восстановлен под действием различных веществ? Затем он продолжает следующим образом: —

Но когда мы исследуем дальше и пытаемся выяснить, какое представление было сформировано о природе этого принципа и какими качествами он должен был обладать в своем отдельном состоянии, мы обнаруживаем, что эта часть предмета очень неясна и неудовлетворительна, а мнения очень противоречивы.

"Старшие химики и алхимики считали серу универсальным воспламеняющимся началом, или, по крайней мере, они предпочитали называть воспламеняющуюся часть всех тел, которые более или менее воспламеняемы, именем их серы.... Знаменитый немецкий химик Бехер был, я полагаю, первым, кто отверг представление о том, что сера является принципом воспламеняемости тел.... Его представление о природе чистого принципа воспламеняемости было впоследствии более полно объяснено и поддержано профессором Шталем, который, в согласии с доктриной Бехера, представлял принцип воспламеняемости как сухое вещество, или землистой природы, частицы которого были чрезвычайно тонкими и были очень склонны к перемешиванию и приведению в движение с непостижимой скоростью.... Мнение Бехера и Штала относительно этой *земли второй*, или *земли воспламеняемой*, или *флогистона*, состояло в том, что его атомы более, чем все другие, подвержены воздействию чрезмерно быстрого вращательного движения (*motus vorticillaris*). Частицы других элементарных субстанций также подвержены воздействию такого же рода движения, но не в такой степени, как частицы *terra secunda*; и когда частицы какого-либо тела возбуждаются такого рода движением, тело проявляет явления нагрева, или воспламенения, или воспаления в зависимости от силы и быстроты движения.... Следовательно, Бехер и Шталь предполагали, что тепло зависит не от количества особой материи, такой какой сейчас считается материя тепла или огня, а от особого движения частиц материи

"Это очень грубое мнение о земной природе принципа воспламеняемости, по-видимому, было выведено из качества многих воспламеняющихся веществ, благодаря которому они противостоят действию воды как растворителя. Большее количество землистых веществ мало растворимо в воде или вообще не растворяется в ней.... И когда Бехер и Шталь обнаружили, что эти соединения, которые, как они предполагали, содержали флогистон в наибольшем количестве, нерастворимы в воде, хотя другое вещество, с которым, как предполагалось,

соединялся флогистон, в своем отдельном состоянии было чрезвычайно растворимо в этой жидкости, они пришли к выводу, что *сухость, или неспособность соединяться с водой*, была выдающимся качеством их флогистона; и это было то, что они имели в виду, называя его землей или землистым веществом Но в то же время эти авторы предположили, что частицы этого сухого и землистого флогистона были склонны к чрезмерному возбуждению при вращательном движении; это вращательное движение, совершаемое во всех направлениях телами, в которых содержится флогистон, вызывало явления воспаления. По-видимому, это было представление, сформированное Бехером и Шталем относительно природы принципа воспламеняемости, или флогистона; представление, которое, по-видимому, меньше всего заслуживает названия объяснения из всего, что мы можем придумать. Я предполагаю, что лишь немногие люди могут составить сколько-нибудь ясное представление об этом вращательном движении, или, если они могут, способны объяснить себе, как оно производит или может производить что-либо подобное явлениям тепла или огня".

Затем Блэк дает ясный отчет об экспериментах Пристли и Лавуазье (см. стр. 58, 59 и 87-89), которые установили присутствие в обычном воздухе особого вида газа, который особенно важен в процессах горения; он подчеркивает тот факт, что вещество увеличивается в весе при его сгорании; и он дает простое и ясное изложение того объяснения горения, которое сейчас принято всеми и которое не требует, чтобы предполагалось существование какого-либо принципа огня.

Важно отметить, что Блэк четко связывает *физический* факт поглощения или выделения тепла веществом во время горения с *химическими* изменениями, которые происходят в свойствах сгоревшего вещества. В заключение он приводит замечательный контраст между флогистической теорией и теорией Лавуазье, который показывает, насколько широкими и в то же время определенными были его концепции. Блэк никогда не говорит презрительно о теории, против которой он выступает.

"Согласно этой теории" (*то есть* теории Лавуазье), "воспламеняющиеся тела, например, сера или фосфор, являются простыми веществами. Кислота, в которую они превращаются в результате воспаления, представляет собой соединение. Химики, напротив" (*т.е.* последователи Штала), "рассматривают воспламеняющиеся тела как соединения, а негорючую материю как более простую. Согласно общепринятой теории, тепло и свет должны исходить от горящего тела или создаваться им самим. Но, согласно теории г-на Лавуазье, считается, что и то, и другое вырабатывается воздухом, составными частями или ингредиентами которого они считаются, находясь в состоянии воздуха, поддерживающего огонь".

Блэк не был блестящим первооткрывателем, но в высшей степени здравомыслящим и в то же время творческим работником; что бы он ни делал, у него все получалось хорошо, но он не исчерпал ни одной области исследований. Многие из установленных им фактов послужили основой для важной работы, проделанной теми, кто пришел после него. Количество новых фактов, добавленных Блэком к данным химии, было невелико; но своими лекциями — оригинальными диссертациями высочайшей ценности — он оказал великолепную услугу развитию химической науки. Блэк обладал тем, что обычно отличало великих людей науки, — заметной честностью характера; и к этому он добавил всесторонность умственного видения: он видел за пределами фактов, которые составляли основы химической науки в его время. Он был не собирателем фактов, а философом.

Джозеф Пристли, сын Джонаса Пристли, "производителя и выделывателя шерстяных тканей", родился в Филдхеде, недалеко от Лидса, в 1733 году. Его мать, которая была дочерью фермера близ Уэйкфилда, умерла, когда ему было семь лет. С того времени его воспитывала сестра его отца, которая обладала значительными частными средствами.

Окружение Пристли в дни его юности было явно религиозным и, очевидно, задавало тон всей его последующей жизни. Мы обнаружим, что деятельность Пристли как человека науки едва ли можно отделить от его теологических и метафизических трудов. Склад его ума был явно метафизическим; он совершенно отличался от Блэка, который, как мы видели, был типичным исследователем природных явлений.

Дом тети Пристли был прибежищем для всех несогласных священников этой части графства. Сама она придерживалась строго кальвинистских теологических взглядов, но не была полностью нелиберальной.

Раннее школьное обучение Пристли было в основном посвящено изучению языков; он приобрел неплохие знания латыни, немного греческого, а несколько позже освоил элементы иврита. Одно время он подумывал о том, чтобы заняться торговлей, и поэтому, как он рассказывает нам в своих "Мемуарах", приобрел некоторые знания французского, итальянского и верхнеголландского языков. С помощью друга, священника-диссидента, он кое-что выучил из геометрии и натурфилософии, а также получил некоторое представление о халдейском и сирийском языках.

В возрасте девятнадцати лет Пристли поступил в "академию" в Давентри. Интеллектуальная атмосфера здесь, похоже, была подходящей для быстрого развития ума Пристли. Допускалась большая свобода обсуждения; даже во время лекций преподавателей студентам разрешалось "задавать любые вопросы и делать любые замечания", какие им заблагорассудится; и они делали это, по словам Пристли, "с величайшей, но без какой-либо оскорбительной вольностью".

От студентов требовалось прочесть и изложить наиболее важные аргументы за и против вопросов, обсуждавшихся на лекциях преподавателей. Теологические диспуты, по-видимому, были любимыми темами, на которых студенты проявляли свою изобретательность между собой. Пристли говорит нам, что он "видел причину принять то, что обычно называют неортодоксальной стороной почти в каждом вопросе".

Покинув эту академию, Пристли в 1755 году поступил помощником несогласного священника в Нидхэм, графство Саффолк. Здесь он оставался в течение трех лет, живя на зарплату около 30 фунтов стерлингов в год и все больше и больше приобретая дурной запах из-за своих своеобразных теологических взглядов.

Из Нидхэма он переехал в Нантвич, в Чешире, где ему было удобнее, и, поскольку работы было много, у него было мало времени на заумные рассуждения. Большую часть времени в Нантвиче он занимался школьной работой; он также начал собирать несколько научных приборов, таких как электрическая машина и воздушный насос. Ими он научил своих учеников пользоваться и содержать их в хорошем порядке. Он читал лекции о природных явлениях и поощрял своих учеников проводить эксперименты, а иногда и демонстрировать свои опыты перед родителями

и друзьями. Таким образом, он укрепил репутацию своей школы и привил своим ученикам любовь к естественным знаниям.

В 1761 году Пристли переехал в Уоррингтон, чтобы работать преподавателем в недавно созданной академии, где он преподавал языки — довольно широкий предмет, поскольку он включал лекции по "Теории языков", "Ораторскому искусству и критике" и "Истории, законам и конституции Англии". Он говорит: "В мои обязанности входило преподавать ораторское искусство, а также логику и иврит. Первую из них я сохранил, но через год или два я обменял две последние статьи с доктором Айкином на "Гражданское право", а через год прочитал курс лекций по анатомии".

Во время своего пребывания в Уоррингтоне, которое длилось до 1767 года, Пристли женился на дочери мистера Исаака Уилкинсона, мастера по изготовлению железа из Рексхэма, Уэльс. Он описывает свою жену как "женщину с превосходным пониманием, значительно улучшившимся благодаря чтению, большой стойкостью духа и твердостью ума, а также в высшей степени ласкового и щедрого характера, проявляющую сильные чувства к другим и мало - к себе, также преуспевающую во всем, что касается домашних дел".

Примерно в это же время Пристли неоднократно встречался с доктором Франклином в Лондоне. Его беседа, по-видимому, побудила Пристли к дальнейшему изучению естественной философии. Он начал изучать электрические явления, и это привело к написанию и публикации им "Истории электричества", в ходе которой он счел необходимым провести новые эксперименты. Публикация результатов этих экспериментов привлекла к нему больше внимания среди ученых и привела к его избранию членом Королевского общества и получению степени доктора права в Эдинбургском университете. В 1767 году Пристли переехал в Лидс, где провел шесть лет в качестве служителя часовни Миллхилл.

Он смог более свободно выражать свои теологические взгляды в Лидсе, чем это было возможно в небольших городах, таких как Нидхэм и Нантвич. За это время он написал и опубликовал множество теологических и метафизических трактатов. Но, что для нас более важно, так случилось, что он жил недалеко от пивоварни. Итак, случайные обстоятельства, как мы их называем, жизни Пристли часто имели наибольшее значение по своему влиянию на его научную работу. Блэк установил существование и ведущие свойства неподвижного воздуха примерно за двенадцать или тринадцать лет до того, как Пристли переехал жить недалеко от пивоварни в Лидсе. Он показал, что этот неподвижный воздух образуется во время алкогольного брожения. Пристли, зная об этом, собирал неподвижный воздух, который выходил из чанов на соседней пивоварне, и развлекался, наблюдая за его свойствами. Но при вывозе из этой части города его запасы неподвижного воздуха были прекращены. Поскольку, однако, он заинтересовался работой с воздухом, он начал делать для себя неподвижный воздух из мела, и для сбора этого воздуха он изобрел очень простое устройство, которое сыграло важнейшую роль в более позднем развитии химии газов, или пневмохимии. *Пневматический желоб* Пристли сегодня можно найти в каждой лаборатории; он чрезвычайно прост и чрезвычайно совершенен. Блюдо из стекла, фаянса или дерева частично заполняется водой; полка проходит поперек блюда на небольшом расстоянии под поверхностью воды; бутылка с широким горлышком наполняется водой и помещается горлышком вниз над отверстием в этой полке. Газ, который должен быть собран в эту бутылку, образуется в подходящем сосуде, из которого кусок стеклянной или металлической трубки проходит под полкой и заканчивается как раз там, где

проделано отверстие. Газ, который выходит из устройства, пузырится в бутылке, вытесняет воду и заполняет бутылку. Когда бутылка наполняется газом, ее сдвигают в одну сторону вдоль полки, а на ее место ставят другую бутылку, наполненную водой. Поскольку горловина каждой бутылки находится под водой, нет связи между газом внутри и воздухом снаружи бутылки; следовательно, газ может оставаться в бутылке до тех пор, пока экспериментатор не захочет этого. (Смотрите рис. 1. уменьшенный по сравнению с сокращением в "Воздухе" Пристли.)

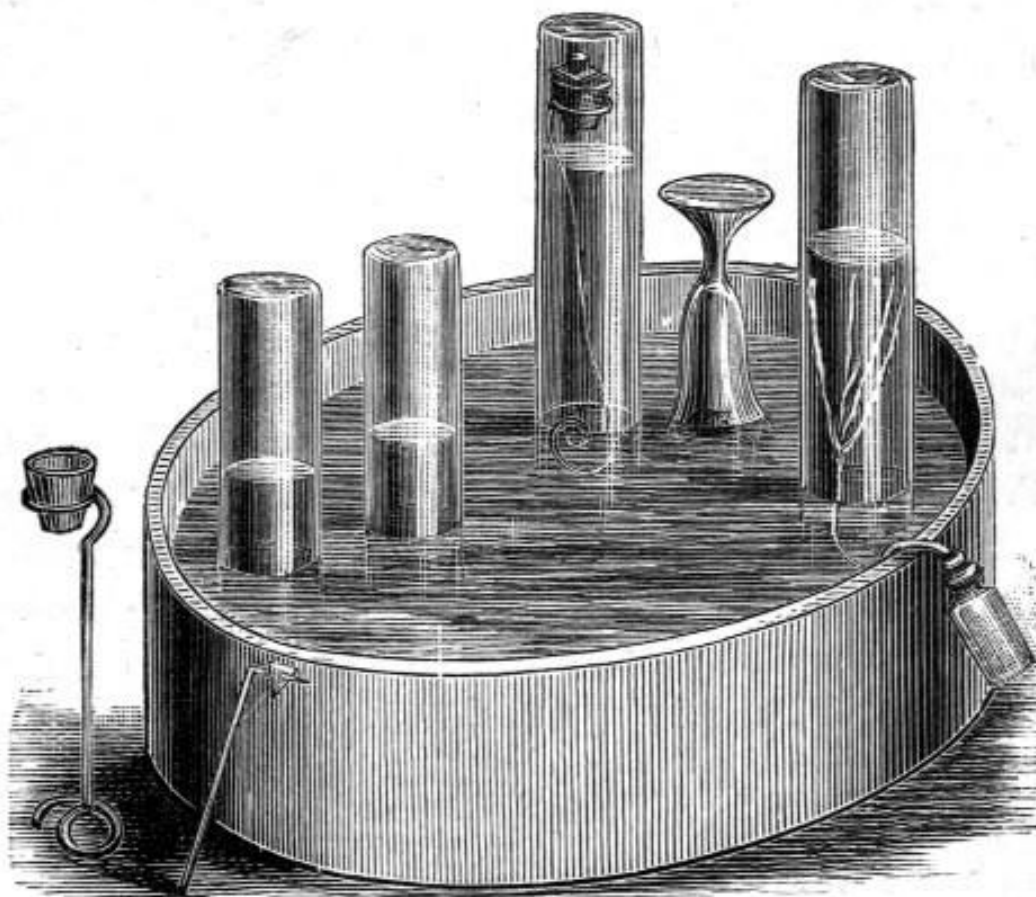


Рис. 1.

Пристли говорит нам, что в то время он очень мало знал химию, но он думает, что это было хорошо, иначе он, возможно, не сделал бы так много новых открытий, как впоследствии.

Экспериментируя с неподвижным воздухом, он обнаружил, что воду можно заставить растворить часть газа. В 1772 году он опубликовал брошюру о методе пропитывания воды неподвижным воздухом; этот раствор неподвижного воздуха в воде использовался в медицине, и с этого времени мы датируем производство искусственных минеральных вод.

Следующие шесть лет жизни Пристли (1773-1779) очень важны в истории химии; именно в эти годы была выполнена большая часть его лучших работ о различных эфирах. В течение этого времени он жил в качестве своего рода литературного компаньона (номинально библиотекаря) у графа Шелбурна (впоследствии маркиза Лэнсдауна). Его жена и семья — теперь у него было трое детей — жили в Калне, в Уилтшире, недалеко от поместья лорда Шелберна в Бовуде. Пристли проводил большую часть летних месяцев со своей семьей и большую часть каждой

зимы с лордом Шелбурном в его лондонской резиденции; за это время он также путешествовал по Голландии и Германии и посетил Париж в 1774 году.

В статье, опубликованной в ноябре 1772 года, Пристли говорит, что он исследовал образец воздуха, который он извлек из селитры более чем за год до этой даты. Этот воздух "тем или иным образом стал ядовитым, но, - предположил он, - был восстановлен до своего прежнего полезного состояния, так что стал шипучим от азотистого воздуха" (на современном языке - в сочетании с окисью азота) "и позволял свече гореть в нем вследствие перемешивания с водой". В своих "Наблюдениях за воздухом" (1779) он сообщает нам, что в то время он был в полном неведении относительно природы этого воздуха, получаемого из селитры. В августе 1774 года он забавлялся наблюдением за действием тепла на различные вещества — "без какой-либо особой цели, - говорит он, - кроме извлечения воздуха из различных веществ с помощью горячей в ртути линзы, что тогда было для меня новым процессом и которым я очень гордился", - когда он получил из *красного осадка* (оксида ртути) воздух, в котором свеча горела "удивительно сильным пламенем". Образование этого своеобразного воздуха "удивило меня больше, чем я могу выразить словами"; "Я был в полной растерянности, как это объяснить". Сначала он подумал, что образец *красного осадка*, из которого был получен воздух, не был надлежащим образом приготовлен, но, взяв свежие образцы этой соли, он обнаружил, что все они дают одинаковый вид воздуха. Убедившись экспериментальным путем, что этот особый воздух обладает "всеми свойствами обычного воздуха, только в гораздо большем совершенстве", он дал ему название *дефлогистированный воздух*. Более поздние эксперименты показали ему, что тот же воздух может быть получен из свинцового красителя, оксида марганца и т. Д. Под Действием тепла и из различных других солей под действием кислот.

Пристли, очевидно, рассматривает новый "дефлогистированный воздух" просто как очень чистый обычный воздух; более того, он, кажется, рассматривает все виды воздуха или газов как легко заменяемые один другим. Он всегда интерпретирует результаты своих экспериментов с помощью теории флогистона. Из работ Пристли действительно можно было бы подумать, что существование этого вещества флогистона было бесспорным фактом. Так, он говорит в предисловии к своим "Экспериментам с воздухом": "Если какое-либо мнение во всей современной доктрине, касающейся воздуха, хорошо обосновано, то оно, несомненно, заключается в том, что азотистый воздух сильно насыщен флогистоном, и что только благодаря этому качеству он делает чистый воздух вредным.... Если я вообще полностью выяснил что-либо, связанное с воздухом, так это вот что ". Пристли считал, что "очень чистый воздух" удалит флогистон из некоторых металлов без помощи тепла или какой-либо кислоты и, таким образом, вызовет ржавление этих металлов. Поэтому он поместил несколько чистых железных гвоздей в *дефлогистированный воздух*, стоящий над ртутью; через три месяца он заметил, что примерно десятая часть воздуха в сосуде исчезла, и он пришел к выводу, что, хотя ржавчина не появилась, дефлогистированный воздух фактически вывел флогистон из железных гвоздей. Именно такого рода рассуждения Блэк описывал своим ученикам как "пустую трату времени и изобретательности". Эксперимент с гвоздями был проведен в 1779 году; следовательно, в то время Пристли понятия не имел, что такое *дефлогистированный воздух* в действительности.

Проведя множество экспериментов и обнаружив, что новый воздух был получен в результате воздействия кислот на землистые вещества, Пристли был склонен рассматривать этот воздух, а если это так, то и все остальные, как состоящие из кислоты (или кислот) и землистого вещества.

Теперь мы знаем, насколько ошибочным был этот вывод, но мы должны помнить, что во времена Пристли химические вещества обычно рассматривались как не имеющие очень определенного или фиксированного состава; предполагалось, что почти любое вещество может быть преобразовано практически в любое другое; что слову "элемент" не придавалось четкого значения; и что до сих пор было проведено мало, если вообще были, тщательных измерений количеств различных видов материи, участвующих в химических действиях.

Но в то же время мы не можем забывать, что книги Гука и Мэйоу были опубликованы за много лет до этого, и что за двадцать лет до того, как Пристли начал свою работу над эфирами, Блэк опубликовал свое точное научное исследование о фиксированном эфире.

Хотя мы можем согласиться с Пристли в том, что, если бы он сам ознакомился с тем, что сделали другие, до того, как он начал свои собственные эксперименты, он, возможно, не сделал бы столько новых открытий, сколько сделал, все же нельзя не думать, что его открытия, хотя и меньшие, были бы более точными.

Пристли рассказал нам, что, когда он был в Париже в 1774 году, он продемонстрировал Лавуазье и другим французским химикам метод получения дефлогистированного воздуха из *красного осадка*. Позже мы увидим, какие важные для науки результаты были получены в результате этого визита к Лавуазье.

Давайте вкратце рассмотрим ответ Пристли на вопрос: "Что происходит, когда вещество сгорает на воздухе?"

Начав проводить химические эксперименты, когда у него не было никаких знаний в области химии, и будучи чрезвычайно быстрым работником и мыслителем, он естественным образом принял распространенную теорию и так же естественно интерпретировал факты, которые он обнаружил, в соответствии с этой теорией.

Говорили, что когда вещество горит, из него выделяется флогистон. Но почему быстрое горение происходит только на воздухе? Потому что, сказал Пристли, воздух обладает большим сродством к флогистону и вытягивает его из горящего вещества. Что тогда становится с этим флогистоном? следующий вопрос. Ответ таков, очевидно, что он остается в воздухе вокруг горящего тела, и это подтверждается тем фактом, что этот воздух вскоре становится неспособным поддерживать процесс горения, он становится флогистированным. Итак, если флогистированный воздух не может поддерживать горение, то чем больше количество флогистона в воздухе, тем меньше он будет поддерживать горение; но мы знаем, что если вещество сжигается в закрытой трубке, содержащей воздух, то воздух, который остается после полного завершения горения, сразу гасит зажженную свечу. Пристли также доказал, что воздух может быть получен путем нагревания *красного осадка*, характеризующегося способностью поддерживать горение с большой энергией. Что это, как не обычный воздух, полностью лишенный флогистона? Это дефлогистированный воздух. Теперь, если обычный воздух вытягивает флогистон из веществ, то, несомненно, этот дефлогистированный воздух будет делать то же самое с еще большей готовностью. Пристли думал, что доказал это своим экспериментом с чистыми железными гвоздями (см. стр. 60).

Вода рассматривалась как вещество, которое, подобно воздуху, легко соединяется с флогистоном; но Пристли полагал, что свеча горела менее интенсивно в дефлогистированном

воздухе, который был взболтан с водой, чем в том же воздухе до этой обработки; следовательно, он пришел к выводу, что флогистон был взят из воды.

После того, как Кавендиш открыл (или, скорее, заново открыл) водород и установил тот факт, что этот воздух чрезвычайно легко воспламеняется, большинство химиков стали рассматривать этот газ как чистый или почти чистый флогистон или, по крайней мере, как вещество, очень насыщенное флогистоном. "Теперь, - сказал Пристли, - когда металл горит, из него выделяется флогистон; если я восстановлю этот флогистон в металлической окалине, я превращу его обратно в металл". Затем он экспериментально показал, что при нагревании железной окалины с водородом водород исчезает и образуется металлическое железо.

Таким образом, казалось, что у него была обширная экспериментальная база для ответа на вопрос: "Что происходит, когда вещество сгорает?" Но позже было доказано, что железо также получают путем нагревания окалины железа с углеродом. Химики-антифлогисты считали, что неподвижный воздух состоит из углерода и дефлогистированного воздуха; флогистеанцы говорили, что это вещество, сильно насыщенное флогистоном. Антифлогистическая школа утверждала, что железная окалина состоит из железа и дефлогистированного воздуха; флогистеанцы говорили, что это железо, лишенное своего флогистона. Несомненно, это была возможность для решающего эксперимента: когда окалина железа нагревается с углеродом и образуется железо, должно либо образовываться неподвижный воздух (который является негорючим газом и образует белое твердое вещество при контакте с известковой водой), либо должен происходить выброс флогистона из углерода. Был проведен эксперимент: был получен газ, который не оказывал действия на известковую воду и который был очень легко воспламеняемым; что это могло быть, как не флогистон, уже признанный по этому самому свойству чрезвычайной воспламеняемости? Таким образом, флогистеанцы, казалось, торжествовали победу. Но если мы рассмотрим эти эксперименты, проведенные Пристли, в свете последующих исследований, мы обнаружим, что они соответствуют интерпретации, которую он им дал, только потому, что они не были точными; таким образом, два газа воспламеняемы, но из этого никоим образом не следует, что эти газы являются одним и тем же. Мы должны иметь более точные знания о свойствах этих газов.

Воздух вокруг горящего тела, такого как железо, через некоторое время теряет способность поддерживать горение; но это всего лишь качественный факт. Чтобы точно отследить изменение свойств этого воздуха, абсолютно необходимо провести точные измерения; когда это сделано, мы обнаруживаем, что объем воздуха уменьшается во время горения, что горящее тело набирает вес, и что это увеличение веса как раз равно потере веса, которой подвергается воздух. Когда горючий газ, образующийся при нагревании железной окалины с углеродом, был тщательно и количественно проанализирован, было обнаружено, что он состоит из углерода и кислорода (дефлогистированный воздух), но содержит эти вещества в пропорции, отличной от той, в которой они содержались в неподвижном воздухе. Это был новый вид воздуха или газа; это был *не* водород.

Этот отчет об экспериментах Пристли и его выводах относительно горения показывает, насколько легко в естественных науках интерпретировать результаты экспериментов, особенно когда эти результаты не очень точны, в соответствии с излюбленной теорией; и это также иллюстрирует один из уроков, который так настойчиво преподается всеми научными

исследованиями, а именно: необходимость приостановить свое суждение до тех пор, пока не будут сделаны точные измерения, и великая мудрость в том, чтобы затем судить осторожно.

Около 1779 года Пристли оставил лорда Шелберна и отправился служителем часовни в Бирмингем, где оставался до 1791 года.

Во время своего пребывания в Бирмингеме Пристли получал значительную материальную помощь от своих друзей. Он получил от лорда Шелберна, согласно соглашению, заключенному при поступлении к нему на службу, пожизненную ренту в размере 150 фунтов стерлингов в год; некоторые из его друзей ежегодно собирали для него определенную сумму денег, чтобы он мог заниматься своими исследованиями без необходимости брать учеников. В течение примерно десяти лет после того, как Пристли поселился в Бирмингеме, он проделал большую химическую работу и сделал множество открытий, почти полностью в области пневматической химии.

Помимо открытия дефлогистированного воздуха (или кислорода), который уже был описан, Пристли открыл и дал некоторый отчет о свойствах *азотистого воздуха* (азотная кислота), *купоросной кислоты воздуха* (диоксид серы), *соляной кислоты* (соляная кислота) и *щелочного воздуха* (аммиак) и т.д.

В ходе своих исследований воздуха с последним названием он показал, что при пропускании через этот газ серии электрических искр происходит значительное увеличение объема газа. Позднее этот факт был дополнительно исследован Бертолле, который, измерив увеличение объема, которому подвергается измеренное количество газообразного аммиака, и определив природу газов, образующихся при прохождении электрических искр, доказал, что аммиак представляет собой соединение водорода и азота и что три объема первого газа соединяются с одним объемом последнего, образуя два объема газообразного аммиака.

Эксперименты Пристли с "горючим воздухом" - или водородом - важны и интересны. Существование этого вещества как определенного вида воздуха было доказано точными исследованиями Кавендиша в 1766 году. Пристли обратил внимание на многие действия, при которых образуется этот воспламеняющийся воздух, главным образом на те, которые происходят между кислотами и металлами. Он показал, что воспламеняющийся воздух не разлагается электрическими искрами; но он думал, что он разлагается при длительном нагревании в закрытых трубках из свинцового стекла. Пристли рассматривал легковоспламеняющийся воздух как воздух, содержащий много флогистона. Он обнаружил, что трубки из свинцового стекла, наполненные этим воздухом, чернеют при сильном нагревании в течение длительного времени, и объяснил это тем, что свинец в стекле обладает большим сродством к флогистону и вытягивает его из легковоспламеняющегося воздуха.

Когда легковоспламеняющийся воздух сгорает в закрытом сосуде, содержащем обычный воздух, последний через некоторое время теряет свое свойство поддерживать горение. Пристли дал то, что казалось довольно хорошим объяснением этого факта, когда сказал, что горючий воздух разделяется с флогистоном, который, смешиваясь с обычным воздухом в сосуде, делает его неспособным поддерживать горение свечи. Он привел несколько измерений в подтверждение этого объяснения; но теперь мы знаем, что метод анализа, который он использовал, был весьма ненадежным.

Полагая, что, измеряя степень *флогистирования* (мы бы сейчас сказали, *раскисления*) обычного воздуха путем смешивания измеренных количеств обычного и

легковоспламеняющегося воздуха и взрыва этой смеси, он сможет определить количество флогистона в данном объеме легковоспламеняющегося воздуха, он смешал два воздуха в стеклянных пробирках, через стенки которых он зацементировал два куска проволоки, запечатал пробирки и взорвал смесь, передавая электрические искры от провода к проводу. Остаточный воздух теперь содержал, по словам Пристли, больше флогистона и, следовательно, относительно меньше дефлогистированного воздуха, чем до взрыва. Он произвел различные измерения количества дефлогистированного воздуха в трубах, но не получил никаких постоянных результатов. Он заметил, что после взрывов внутренности труб были покрыты влагой. Позже он взорвал смесь дефлогистированного и легковоспламеняющегося воздуха (кислорода и водорода) в медном шаре и зафиксировал тот факт, что после взрыва в шаре осталось немного воды. Пристли был здесь, по-видимому, накануне великого открытия. "В поисках чего—то одного, - говорит Пристли, - я обычно находил другое, и иногда гораздо более ценное, чем то, что я искал". Если бы он провел эксперимент по взрыванию дефлогистированных и легковоспламеняющихся газов с большей осторожностью и если бы он убедился, что используемый воздух был достаточно сухим перед взрывом, он, вероятно, нашел бы действительно гораздо более ценный предмет, чем тот, который он искал; он, вероятно, обнаружил бы сложную природу воды - открытие, которое было сделано Кавендишем через три или четыре года после этих экспериментов. эксперименты, описанные Пристли.

Пристли сделал несколько очень любопытных наблюдений относительно цвета газа, получаемого при нагревании "селитряного спирта" (*то есть* азотной кислоты). Он показал, что желтый газ или воздух получается при нагревании бесцветной жидкой селитры в закрытой стеклянной пробирке, и что по мере продолжения нагревания цвет газа становится темнее, пока, наконец, он не становится очень темно-оранжево-красным. Эти эксперименты нашли объяснение только в совсем недавнее время.

Еще одно открытие, сделанное Пристли во время пребывания в Бирмингеме, а именно. то, что кислота образуется при пропускании электрических искр в течение некоторого времени через обычный воздух, привело в руках Кавендиша — экспериментатора, который был столь же осторожен и обдуман, сколь Пристли был быстр и небрежен, — к демонстрации состава азотной кислоты.

Пристли сделал много наблюдений о воздействии различных видов воздуха на растущие растения и живых животных; действительно, одним из его обычных методов тестирования различных видов воздуха было помещение в каждый по мыши и наблюдение за воздействием воздуха на ее дыхание. Он выращивал веточки мяты на обычном воздухе, на дефлогистированном воздухе (кислород) и на флогистированном воздухе (азот, но, вероятно, не чистый); веточка на последнем названном воздухе росла лучше всего, в то время как на дефлогистированном воздухе вскоре стала болезненной. Он также показал, что воздух, ставший "вредным" в результате горения в нем свечи, дыхания или гниения, может быть восстановлен в своем первоначальном состоянии под действием растущих растений. Он считал, что воздух в первую очередь стал вредным из-за того, что был пропитан флогистоном, и что растение восстанавливало воздух, удаляя этот флогистон. Таким образом, Пристли отчетливо показал, что (используя его собственные слова) "весьма вероятно, что вред, который постоянно наносит атмосфере дыхание такого количества животных, которые ею дышат, и разложение таких огромных масс, как растительных, так и животных субстанций, подвергающихся его воздействию, по крайней мере частично, устраняется растительным

творением". Но из-за недостатка количественных экспериментов он не смог дать сколько-нибудь справедливого объяснения процесса, посредством которого осуществляется это "возмещение".

Во время своего пребывания в Бирмингеме Пристли, как и при жизни, был усердно занят написанием метафизических и теологических трактатов и брошюр.

В это время умы людей в Англии были сильно взволнованы событиями Французской революции, которые тогда разыгрывались у них на глазах. Было известно, что Пристли и некоторые из его друзей сочувствовали французскому народу в этой великой борьбе, поскольку они были на стороне американцев в войне за независимость. На самом деле политические взгляды Пристли всегда были более развитыми, чем среднестатистические взгляды его сверстников; некоторые считали его опасным персонажем. Но если мы прочитаем то, что он выдвигает в качестве фундаментального положения в "Очерке о первых принципах гражданского правления" (1768), мы, конечно, не найдем ничего особо поразительного.

"Необходимо понимать, выражено это или нет, что все люди живут в обществе ради взаимной выгоды; так что благо и счастье членов общества, то есть большинства членов любого государства, является великим стандартом, по которому должно окончательно определяться все, относящееся к этому государству. И хотя можно предположить, что группа людей может быть связана добровольным отказом от всех своих прав в пользу одного человека или нескольких, никогда нельзя предполагать, что отказ обязателен для их потомков, потому что это явно противоречит благу целого, если так должно быть".

Пристли предлагал множество политических реформ, но он твердо придерживался мнения, что их следует проводить постепенно. Он выступал за упразднение всех религиозных государственных учреждений и был объявлен врагом Англиканской церкви. Его споры с бирмингемским духовенством помогли настроить часть общественного мнения против него и вызвать осуждение его трудов во многих частях страны; к несчастью, он также нажил врага в лице мистера Берка, который выступал против него и его трудов в Палате общин.

В 1791 году некоторые друзья Пристли в Бирмингеме отмечали годовщину взятия Бастилии. В тот день обезумевшая толпа, поднявшая крик "Церковь и король", вызвала в городе беспорядки. Обнаружив, что власть имущие их не остановили, они через некоторое время напали на молитвенный дом доктора Пристли и сожгли его, а затем разрушили его жилой дом и дома нескольких других инакомыслящих в городе. Одному из его сыновей едва удалось спастись. Сам он счел необходимым уехать из Бирмингема в Лондон, поскольку считал, что его жизнь в опасности. Многие из его рукописей, библиотека и большая часть аппаратуры были уничтожены, а дом сожжен.

В то время у конгрегации в Хакни хватило смелости пригласить Пристли стать их священником. Здесь он оставался около трех лет, служа конгрегации и проводя свои химические и другие эксперименты с помощью приборов и книг, предоставленных его друзьями, и расходуя часть суммы, слишком маленькой, чтобы покрыть его убытки, выделенной ему правительством в качестве компенсации за ущерб, нанесенный его имуществу во время беспорядков в Бирмингеме.

Но, чувствуя себя все более и более изолированным и одиноким, особенно после отъезда трех своих сыновей в Америку, который произошел в эти годы, он, наконец, решил последовать за

ними и провести остаток своих дней в Новом Свете. Хотя значительная часть английского народа очень плохо обращалась с Пристли, тем не менее он покинул свою родную страну "без какого-либо негодования или недоброжелательства". "Когда придет время поразмыслить, - говорит он, - я уверен, что мои соотечественники окажут мне больше справедливости". Он покинул Англию в 1795 году и поселился в Нортумберленде, в Пенсильвании, примерно в ста тридцати милях к северо-западу от Филадельфии. С помощью своих друзей в Англии он смог построить дом, оборудовать лабораторию и библиотеку; кроме того, был обеспечен доход, достаточный для того, чтобы содержать его в умеренном комфорте.

Ему была предложена кафедра химии в Университете Филадельфии, а также его пригласили возглавить унитариянскую часовню в Нью-Йорке; но он предпочел спокойно заниматься работой в своей лаборатории и библиотеке, а не снова вступать в шумную жизненную битву. В Америке он опубликовал несколько работ. Из его химических открытий, сделанных после отъезда из Англии, наиболее важным было то, что горючий газ получается при нагревании металлических кальцинов с углеродом. Получение этого газа рассматривалось Пристли как неоспоримое доказательство справедливости теории флогистона (см. стр. 63, 64).

Его здоровье начало сдавать примерно в 1801 году; постепенно его силы пошли на убыль, и в феврале 1804 года тихо и мирно наступил конец.

Список книг и брошюр, опубликованных Пристли по теологическим, метафизическим, филологическим, историческим, образовательным и научным темам, занял бы несколько страниц этой книги. Его трудолюбие было огромным. Выполнение огромного объема работы, которую он выполнял, требовало самых тщательных затрат времени. В своих "Воспоминаниях", частично написанных им самим, он рассказывает нам, что унаследовал от своих родителей "счастливый темперамент тела и ума"; особенно его отец всегда был в хорошем расположении духа и "мог бы быть счастлив в работном доме". Его предки по отцовской линии как раса были здоровыми и долгоживущими. Сам он в молодости не отличался крепким здоровьем, но всегда был способен учиться: "Я никогда не чувствовал себя, - говорит он, - менее склонным к умственным нагрузкам любого рода в одно время дня больше, чем в другое; но все времена года были для меня равны, рано или поздно, до обеда или после".

Его особая уравновешенность позволяла ему быстро оправляться от последствий любого неприятного происшествия; более того, он уверяет нас, что "самое совершенное удовлетворение" часто наступало через день или два после "события, которое огорчало меня больше всего, и без каких-либо изменений в положении вещей".

Еще одним обстоятельством, которое, как правило, облегчало ему жизнь, было его твердое решение, что в любом споре, в который он мог бы быть вовлечен, он откровенно признает каждую ошибку, в которой, по его мнению, он сам виноват.

Научная работа Пристли отличается быстротой исполнения. Разные части плохо сочетаются друг с другом; нам преподносят блестящую серию открытий, но мы не видим связующих нитей мысли. Поэтому мы не удивляемся, когда он рассказывает нам, что иногда забывал о том, что проводил тот или иной эксперимент, и повторял то, что делал неделями ранее. Он говорит, что не умел работать в спешке и поэтому всегда был методичен; но добавляет, что иногда винил себя за то, что "делал сегодня то, что лучше было отложить до завтра".

Многие из его самых поразительных открытий были результатами случайных операций, "а не разработанных и примененных тем". По его словам, к открытию кислорода его привела череда экстраординарных случайностей. Но то, что он был способен воспользоваться случайными наблюдениями и на основе них перейти к определенным фактам, составляет существенное отличие между ним и обычными трудолюбивыми исследователями. Хотя он редко, если вообще когда-либо, понимал всю подоплеку своих открытий, хотя ни один из его экспериментов не был точно доведен до конца, все же он быстро и, как казалось почти с первого взгляда, понял кое-что из их значений, и этого кое-чего было достаточно, чтобы подтолкнуть его к новой экспериментальной работе.

Хотя сейчас мы осуждаем теории Пристли как совершенно ошибочные, все же мы должны восхищаться его неустрашимой приверженностью эксперименту. Он был настоящим исследователем науки в одном существенном вопросе, а именно. Природа была для него первой и последней апелляционной инстанцией. Он много теоретизировал и рассуждал, он экспериментировал быстро и неточно, но он всегда апеллировал к естественным фактам; и, делая это, он не мог не заложить некоторый фундамент, который должен был сохраниться. Открытые им факты являются одними из тех самых краеугольных камней, на которых впоследствии было воздвигнуто здание химической науки.

Пристли с таким энтузиазмом взялся за проведение своих экспериментов, что, когда он начал, по его словам, "я потратил все деньги, которые только смог собрать, увлекшись философскими исследованиями и совершенно не обращая внимания на последствия, за исключением того, что никогда не влезал ни в какие долги". Кажется, всю свою жизнь он был совершенно свободен от беспокойства по поводу денежных дел.

Манера работы Пристли показывает, насколько добрым и сердечным он был. Он приучил себя говорить, думать и писать со своей семьей у камина; "ничто, кроме чтения вслух или бесед без перерыва", не мешало его работе.

Пристли был именно тем человеком, который был востребован в первые дни химической науки. Огромным количеством, разнообразием и новизной своих экспериментальных результатов он поражал ученых — он принудительно привлекал внимание к науке, в которой он так усердно трудился; блестящими результатами некоторых своих экспериментов он заставил химиков признать, что перед ними открылась новая область исследований и в их руки были переданы инструменты для продолжения этих исследований; и даже неудовлетворительностью своих рассуждений он привлек внимание к трудностям и противоречиям теорий, которые тогда преобладали в химии.

Чтобы работа Пристли принесла полные плоды, было необходимо, чтобы кто-то более великий, чем он, истолковал ее и определил то, существование чего Пристли лишь смутно показал.

Человеком, который сделал это и который, сделав это, действительно создал химию как науку, был Лавуазье.

Но прежде чем рассмотреть работы Лавуазье, я хотел бы указать, что многие физические характеристики обычного воздуха были четко установлены в последние годы семнадцатого века почтенным Робертом Бойлем. В "Скептическом химике", опубликованном в 1661 году, м-р Бойль установил тот факт, что воздух - это материальная субстанция, обладающая весом, что этот воздух давит на поверхность всех вещей и что при удалении части воздуха из замкнутого

пространства давление внутри этого пространства уменьшается. Он продемонстрировал, что температура кипения воды зависит от давления воздуха на поверхность воды. Прокипятив немного воды "довольно долго, чтобы под действием тепла она могла освободиться от находящегося в ней воздуха", он поместил сосуд с горячей водой в приемник устройства, которое он изобрел для отсасывания воздуха из замкнутого пространства; как только он начал отсасывать воздух из этого приемника, вода закипела, "как будто ее подержали на очень сильном огне".... Однажды, когда воздух был удален, ликер после одного-единственного откачивания так долго кипел, образуя огромные пузырьки, что шипение длилось почти столько, сколько требовалось для репетиции *Pater noster*". Бойль пошел дальше, чем качественный факт, что объем замкнутого количества воздуха изменяется с изменением давления, которому этот воздух подвергается; он показал с помощью простых и точных экспериментов, что "объем изменяется обратно пропорционально давлению". Он установил обобщение, имеющее столь большое значение в физической науке, ныне известное как *закон Бойля*.

Работа достопочтенного Генри Кавендиша будет рассмотрена более подробно в книге "Физики", принадлежащей к этой серии, но здесь я должен кратко сослаться на результаты его экспериментов с воздухом, опубликованные в "*Philosophical Transactions*" за 1784 и 1785 годы.

Кавендиш придерживался обычной точки зрения, что, когда металл горит на воздухе, воздух тем самым флогистирован; но почему, спрашивал он, объем воздуха уменьшается при этом процессе? Обычно говорили, что при прокаливании металлов образуется неподвижный воздух, который поглощается окалиной. Но Кавендиш провел серию экспериментов, которые доказали, что из металлических кальцинов невозможно получить неподвижный воздух. В 1766 году Кавендиш открыл горючий воздух (водород); теперь он доказал, что при взрыве этого воздуха дефлогистированным воздухом (кислородом) образуется вода. Он показал, что когда эти два воздуха смешиваются примерно в пропорции двух объемов водорода к одному объему кислорода, большая часть, если не весь воздух конденсируется в воду под действием электрической искры. Затем он экспериментально доказал, что при смешивании обычного воздуха с легковоспламеняющимся также образуется вода и остается флогистированный воздух (*т.е.* азот).

Таким образом, Пристли и Кавендиш отчетливо установили существование трех видов воздуха, а именно: дефлогистированный воздух, флогистированный воздух и легковоспламеняющийся воздух. Кавендиш показал, что при взрыве последнего из названных элементов обычным воздухом образуется вода (состоящая из дефлогистированного и легковоспламеняющегося воздуха), а флогистированный воздух остается. Таким образом, было доказано, что обычный воздух состоит из этих двух компонентов — флогистированного и дефлогистированного воздуха (азота и кислорода). Применяя эти результаты к явлению прокаливанию металлов, Кавендиш дал основания полагать, что металлы воздействуют на обычный воздух способом, аналогичным тому, как действует легковоспламеняющийся воздух — что они удаляют дефлогистированный воздух и оставляют флогистированный воздух; но, поскольку он был сторонником флогистической теории, он скорее предпочел сказать, что горящие металлы удаляют дефлогистированный воздух и флогистировуют то, что остается; другими словами, признавая, что металл в процессе горения получает дефлогистированный воздух, он все же думал, что горящий металл поглощает дефлогистированный воздух. металл также теряет *что-то*, а именно. флогистон.

Когда мы продолжим рассказ об открытиях Лавуазье, следует помнить, что Кавендиш в 1783-84 годах доказал, что воздух состоит из двух различных газов, а вода образуется в результате соединения двух газов.

Антуан Лоран Лавуазье, родившийся в Париже в 1743 году, был сыном богатого торговца, который, судя по его дружбе со многими деятелями науки того времени, вероятно, обладал научным складом ума и который, безусловно, показал, что он здравомыслящий человек, дав своему сыну лучшее образование, которое тот мог получить. После учебы в колледже Мазарини Лавуазье прошел курс обучения физическим, астрономическим, ботаническим и химическим наукам. Результаты этого обучения точным методам физики очевидны в химических исследованиях Лавуазье.

В возрасте двадцати одного года Лавуазье написал мемуары, которые получили премию французского правительства за лучший и наиболее экономичный метод освещения улиц большого города. Проводя эксперименты, результаты которых были подробно описаны в этой статье, Лавуазье в течение шести недель жил в комнатах, освещенных только искусственным светом, чтобы его зрение могло привыкнуть к небольшим различиям в интенсивности света от различных источников. Когда ему исполнилось двадцать пять лет, Лавуазье был избран членом Академии наук. В течение следующих шести лет (1768-1774) он опубликовал различные статьи, некоторые по химическим, некоторые по геологическим и некоторые по математическим дисциплинам. Действительно, в то время, хотя он и был ревностным приверженцем естествознания, он, по-видимому, пребывал в нерешительности относительно того, какой отрасли науки ему следует посвятить свои силы.

Точность и основательность работы Лавуазье, а также острота его рассуждений превосходно проиллюстрированы в двух статьях, опубликованных в "Мемуарах Академии" за 1770 год, о предполагаемом превращении воды в землю.

При длительной кипячении воды в стеклянном сосуде в сосуде обнаруживается значительное количество белой кремнистой земли. Это очевидное превращение воды в землистую материю вполне соответствовало доктринам, которые были переданы со времен алхимиков; эксперимент обычно рассматривался как убедительное доказательство возможности превращения воды в землю. Лавуазье обнаружил, что после нагревания воды в течение ста одного дня в закрытом и взвешивания стеклянном сосуде общий вес сосуда и его содержимого не изменился; когда он вылил воду и выпарил ее досуха, он получил 20,4 крупинки твердого землистого вещества; но он также обнаружил то, на что раньше не обращали внимания, что стеклянный сосуд потерял в весе. Фактические потери составили 17,4 грана. Разница между этим показателем и весом землистого вещества в воде, а именно: три крупинки, было отнесено (и, как мы теперь знаем, справедливо отнесено) Лавуазье к ошибкам эксперимента. Поэтому Лавуазье пришел к выводу, что вода при кипячении не превращается в землю, но что часть землистого вещества, из которого состоит стекло, растворяется в воде. Впоследствии этот вывод был подтвержден шведским химиком *Шееле*, который доказал, что состав землистого вещества, содержащегося в воде, идентичен составу некоторых компонентов стекла.

Этим экспериментом Лавуазье доказал ошибочность старого алхимического представления о трансмутации; он показал, что вода не превращается в землю, но что каждое из этих веществ обладает определенными свойствами, которые присущи ему и только ему. Он установил важнейшее обобщение, которое последующие исследования подтвердили более полно, пока

оно не стало сегодня принято в качестве основы каждой отрасли физической науки, — что ни в каком процессе изменения не происходит никаких изменений в общей массе вещества, участвующих в этом изменении. Стекланный сосуд, в котором Лавуазье столько дней кипятил воду, похудел; но вещество, утраченное стаканом, было обнаружено растворенным в воде.

Мы знаем, что это обобщение справедливо для всех химических изменений. Твердая сера может быть преобразована в жидкое масло из купороса, но это происходит только путем соединения серы с другими видами веществ; вес полученного масла из купороса всегда точно равен сумме весов серы, водорода и кислорода, которые объединились, чтобы его образовать. Бесцветные газы, водород и кислород, соединяются, и в результате получается прозрачная жидкая вода; но вес полученной воды равен сумме весов водорода и кислорода, которые соединились вместе. Невозможно переоценить важность принципа *сохранения массы*, впервые определенно установленного Лавуазье.

Примерно в 1770 году Лавуазье всерьез обратил свое внимание на химические явления. В 1774 году он опубликовал том, озаглавленный "Очерки физики и химии", в котором он дал исторический отчет обо всем, что было сделано по вопросу о воздухе со времен Парацельса до 1774 года, и добавил отчет о своих собственных экспериментах, в которых он установил факты, что металл при горении поглощает воздух, и что когда металлическая окалина превращается в металл при нагревании с древесным углем, образуется воздух той же природы, что и неподвижный воздух доктора Блэка.

В ноябре 1772 года Лавуазье передал запечатанную записку в руки секретаря Академии наук. Эта заметка была открыта 1 мая 1773 года и содержала следующую[4]:—

"Около восьми дней назад я обнаружил, что сера при горении не только не теряется, но даже увеличивается в весе; иными словами, из одного фунта серы получается гораздо больше, чем один фунт купоросной кислоты, без учета влажности воздуха. Фосфор представляет собой то же явление. Это увеличение веса происходит из-за большого количества воздуха, который застывает во время горения и соединяется с парами.

Это открытие, подтвержденное экспериментами, которые я считаю решающими, привело меня к мысли, что то, что наблюдается при сгорании серы и фосфора, могло бы аналогичным образом иметь место по отношению ко всем телам, которые увеличиваются в весе при сгорании и прокаливании; и я был убежден, что увеличение веса кальцинированных металлов происходит по той же причине. Эксперимент полностью подтвердил мои догадки.

Я производил восстановление щебня в закрытых сосудах с помощью аппарата Хейла и заметил, что в момент перехода окислы в металлическое состояние происходило выделение воздуха в значительном количестве, и что этот воздух образовывал объем, по меньшей мере, в тысячу раз больший, чем объем используемого щебня.

"Поскольку это открытие представляется мне одним из самых интересных, сделанных со времен Штала, я счел целесообразным сохранить его в тайне до тех пор, пока я не опубликую свои эксперименты.

"Lavoisier.

"Париж, 11 ноября 1772 года".

В его статье "О прокаливании олова в закрытых сосудах и о причине увеличения веса, приобретаемого металлом в ходе этого процесса" (опубликована в 1774 году) мы видим манеру работы Лавуазье и восхищаемся ею. Взвешенное количество (около полфунта) олова нагревали до расплавления в стеклянной реторте, горлышко которой вытягивали до очень маленького отверстия; когда воздух внутри реторты расширялся, отверстие закрывали путем расплавления стекла перед выдувной трубкой. Теперь отмечали вес реторты и олова; олово снова нагревали до точки плавления и поддерживали при этой температуре до тех пор, пока, по-видимому, продолжался процесс прокаливания; затем реторте и ее содержимому давали остыть и снова взвешивали. Процесс нагревания не привел к изменению общего веса всего аппарата. Кончик носика реторты теперь был отломан; воздух с шипением врывался внутрь. Реторту и содержимое снова взвесили, и было отмечено превышение веса в момент герметизации реторты. Теперь собрали и взвесили прокаленное олово в реторте. Было обнаружено, что увеличение веса олова было равно весу воздуха, который устремлялся в реторту. Отсюда Лавуазье пришел к выводу, что прокаливанию олова сопровождалось поглощением воздуха и что разница между весами олова и окалины была равна весу поглощенного воздуха; но он утверждает, что, вероятно, только часть воздуха соединилась с оловом и что, следовательно, воздух не является простым веществом, а состоит из двух или более составляющих.

Между датой этой публикации и датой следующей статьи Лавуазье о горении мы знаем, что Пристли посетил Париж. В своей последней работе "Установленное учение о флогистоне" (опубликовано в 1800 году) Пристли говорит: "Сделав открытие дефлогистированного воздуха за некоторое время до моего приезда в Париж в 1774 году, я упомянул об этом за столом мистера Лавуазье, когда присутствовало большинство философов города; сказав, что это своего рода воздух, в котором свеча горит намного лучше, чем в обычном воздухе, но тогда я не дал ему никакого названия. При этих словах вся компания, и мистер и миссис Лавуазье в той же степени, что и все остальные, выразила большое удивление. Я сказал им, что получил его *изпреципитата как такового*, а также из *красного свинца*."

В 1775 году перед Академией был прочитан доклад Лавуазье "О природе вещества, которое соединяется с металлами при их прокаливании и увеличивает их вес". Описаны приготовление и свойства воздуха, полученного в ноябре 1774 года из *красного осадка*, но имя Пристли не упоминается. Однако представляется вероятным, что Лавуазье узнал о существовании и способе приготовления этого воздуха от Пристли;^[5] но мы видели, что даже в 1779 году Пристли пребывал в полном неведении относительно истинной природы открытого им воздуха (стр. 60).

В статьях, опубликованных в последующие три-четыре года, Лавуазье постепенно определил и более тщательно объяснил явление горения. Он сжигал фосфор в ограниченном объеме воздуха и обнаружил, что примерно четверть воздуха исчезла, что оставшаяся часть воздуха была неспособна поддерживать горение или поддерживать жизнь животных, что фосфор превратился в белое вещество, осевшее на стенках сосуда, в котором проводился эксперимент, и что на каждую использованную крупинку фосфора было получено около двух с половиной крупинок этого белого твердого вещества. Далее он описал свойства вещества, получаемого при сжигании фосфора, дал ему название *фосфорная кислота* и описал некоторые вещества, образующиеся при его соединении с различными основаниями.

Примерно в это же время Лавуазье изучал горение свечей на воздухе. Он рассматривал свои эксперименты как доказательство того, что воздух, который остается после горения свечи и в котором не может поддерживаться жизнь животных, действительно присутствовал до горения; что обычный воздух состоял примерно из одной четвертой части дефлогистированного воздуха и трех четвертей *азотированного воздуха* (т.е. воздуха, неспособного поддерживать жизнь); и что горящая свеча просто соединялась с первым из них и таким образом удаляла его, и в то же время производила более или менее неподвижный воздух.

В своем "трактате по химии" Лавуазье более полно описывает свое доказательство того, что прокаливание металла заключается в удалении металлом дефлогистированного воздуха (или кислорода) из атмосферы и что металлическая окалина представляет собой просто соединение металла и кислорода. Эксперименты носят строго количественный характер и являются полностью убедительными. Он поместил четыре унции чистой ртути в стеклянный баллон, горлышко которого погрузил под поверхность ртути в стеклянной посуде, а затем немного поднял в сосуд, содержащий пятьдесят кубических дюймов воздуха и находящийся в ртути в посуде. Таким образом, существовала свободная связь между воздухом в баллоне и воздухом в стеклянной банке, но не было связи между воздухом внутри и снаружи всего аппарата. Ртуть в баллоне нагревалась почти до точки кипения в течение двенадцати дней, в течение которых на поверхности металла постепенно образовывались красные пятнышки; по истечении этого времени было обнаружено, что объем воздуха в стеклянной банке составлял от сорока двух до сорока трех кубических дюймов. Собранные красные крупинки составляли сорок пять крупинок; их нагревали в очень маленькой реторте, соединенной с градуированным стеклянным цилиндром, содержащим ртуть. В этом цилиндре было получено от семи до восьми кубических дюймов чистого дефлогистированного воздуха (кислорода), и после завершения разложения красного вещества осталось сорок одна с половиной крупинки металлической ртути.

Вывод, сделанный Лавуазье из этих экспериментов, заключался в том, что ртуть, нагреваемая почти до кипения при контакте с воздухом, забирает кислород из воздуха и соединяется с этим газом с образованием *красного осадка*, и что когда образовавшийся таким образом красный осадок сильно нагревается, он отделяется со всем содержащимся в нем кислородом и снова превращается в металлическую ртуть.

К этому времени Лавуазье (1777-78) доказал, что кальции ртути, олова и свинца представляют собой соединения этих металлов с кислородом; и что кислород получается из атмосферы при сгорании металла. Но флогистическая химия еще не была побеждена. Мы видели, что сторонники флогистона верили, что в горячем воздухе Кавендиша им наконец удалось получить долгожданный флогистон. Теперь они торжествующе спрашивали, почему, когда металлы растворяются в разбавленной купоросной или соляной кислоте с выделением горячего воздуха, образуются кальции этих металлов? И они ответили столь же торжествующе, потому что эти металлы теряют флогистон в результате этого процесса, а мы знаем, что окалина - это металл, лишенный своего флогистона.

Лавуазье удовлетворился замечанием, что металлическая окалина всегда весит больше, чем металл, из которого она была произведена; и что, поскольку горячий воздух, хотя и намного легче обычного, явно обладает весом, было невозможно, чтобы металлическая окалина могла быть металлом, лишенным горячего воздуха. Он дал простое объяснение процесса

прокаливания и точными экспериментами доказал, что это объяснение, безусловно, верно в некоторых случаях. Хотя все известные факты о растворении металлов в кислотах пока не могли быть включены в его объяснение, все же ни один из этих фактов не противоречил этому объяснению абсолютно. Он был доволен ожиданием дальнейших знаний. И чтобы получить эти дополнительные знания, он приступил к разработке и проведению новых экспериментов. Сторонники теории флогистона придавали большое значение тому факту, что металлы образуются при нагревании металлических кальций в легковоспламеняющемся воздухе; воздух, по их словам, поглощается, и таким образом воспроизводится металл. Очевидно, было крайне важно, чтобы Лавуазье узнал больше об этом горючем воздухе, и особенно чтобы он точно знал, что происходит, когда этот воздух сгорает. Поэтому он приготовился сжечь большое количество легковоспламеняющегося воздуха, организовав эксперимент таким образом, чтобы иметь возможность собрать и исследовать продукт этого горения, какой бы ни была природа этого продукта. Но в это время в Париж пришло известие, что Кавендиш получил воду, сжигая смеси легковоспламеняющегося и дефлогистированного воздуха. Это, должно быть, было самым волнующим заявлением для Лавуазье; он видел, как много зависело от точности этого утверждения, и, как истинный исследователь Природы, он сразу же принялся доказывать или опровергать его. 24 июня 1783 года в присутствии короля и нескольких знаменитостей (включая сэра Чарльза Благдена, секретаря Королевского общества, который рассказал Лавуазье об экспериментах Кавендиша) Лавуазье и Лаплас сожгли легковоспламеняющийся и дефлогистированный воздух и получили воду. В результате этих экспериментов они определили, что один объем дефлогистированного воздуха соединяется с 1,91 объемом легковоспламеняющегося воздуха с образованием воды.

Немного позже Лавуазье завершил доказательство состава воды, показав, что при пропускании пара через трубку, содержащую раскаленные докрасна железные опилки, выделяется горючий воздух и в трубке остается окалина железа.

Теперь Лавуазье мог объяснить превращение металлической окалины в металл под действием легковоспламеняющегося воздуха; этот воздух разлагает окалину, то есть оксид металла, который соединяется с его кислородом с образованием воды, и так получается металл.

Когда металл растворяют в разбавленной купоросной или соляной кислоте, образуется окалина, потому что, согласно Лавуазье, присутствующая вода разлагается металлом, выделяется горючий воздух, а дефлогистированный воздух воды соединяется с металлом, образуя окалину, которая затем растворяется в кислоте.

Теперь Лавуазье изучал свойства соединений, образующихся при сжигании фосфора, серы и углерода в дефлогистированном воздухе. Он обнаружил, что растворы этих соединений в воде имеют более или менее кислый вкус и окрашивают некоторые вещества, окрашивающие синий цвет, в красный; но эти свойства считались особенно присущими кислотам. Следовательно, эти продукты сгорания в дефлогистированном воздухе были кислотами; но поскольку фосфор, углерод и сера сами по себе кислотами не были, кислотный характер веществ, полученных при сжигании этих тел в дефлогистированном воздухе, должен быть обусловлен присутствием в них этого воздуха. Следовательно, Лавуазье пришел к выводу, что этот воздух является веществом, присутствие которого в соединении придает этому соединению кислотные свойства. Этот взгляд на действие дефлогистированного воздуха он увековечил в названии "кислород" (от

греческого, = *кислотообразующий*), которое он дал дефлогистированному воздуху и под которым этот газ с тех пор известен.

Пристли придерживался мнения, что дыхание животных делает атмосферу вредной, потому что при этом она сильно флогиструется, и он думал, что его эксперименты сделали весьма вероятным, что растения способны очищать этот вредный воздух, удаляя из него флогистон (см. стр. 69). Но теперь Лавуазье был в состоянии дать гораздо более определенный отчет о воздействии на атмосферу животной и растительной жизни. Он уже показал, что обычный воздух содержит кислород и азот и что только первый участвует в процессе горения. Теперь он смог показать, что животные во время дыхания втягивают воздух в свои легкие: что часть кислорода соединяется там с углеродом с образованием углекислого газа (как теперь обычно называли неподвижный Черный воздух), который снова выдыхается вместе с неизмененным азотом. Таким образом, было доказано, что дыхание является процессом, химически аналогичным процессу прокаливания.

Таким образом, примерно в 1784-85 годах теория флогистона оказалась полностью опровергнутой. Аргументы его сторонников после этого не были основаны на фактах; они состояли из причудливых интерпретаций грубо проведенных экспериментов. Кавендиш был единственным оппонентом, которого боялись сторонники новой химии. Но мы видели, что, хотя Кавендиш сохранил язык флогистической теории (см. стр. 78, 79), который, по его мнению, одинаково применим к фактам горения, как и язык новой теории Лавуазье, он, тем не менее, практически признал существенный момент последней, а именно. что кальции представляют собой соединения металла и кислорода (или дефлогистированного воздуха). Хотя Кавендиш был первым, кто показал, что вода образуется при совместном взрыве двух газов - водорода и кислорода, - все же, по-видимому, он не до конца осознал тот факт, что вода является соединением этих двух газов; Лавуазье было поручено четко изложить этот чрезвычайно важный факт и, таким образом, убрать последнюю опору из-под ныне шатающегося, но когда-то величественного здания, построенного Шталем и его преемниками.

Объяснение горения, данное Лавуазье, в значительной степени основывалось на концепции элементов и соединений, сильно отличающейся от концепции химиков старшего поколения. В "Химике-скептике" (1661) Бойль решительно выступал против доктрины о четырех "элементарных принципах" земли, воздуха, огня и воды, которой придерживались "вульгарные химики". Существование этих принципов или некоторых из них в каждом сложном веществе было твердо признано большинством химиков во времена Бойля. Они рассуждали так: когда горит кусок зеленого дерева, существование в дереве принципа огня становится очевидным по пламени, принципа воздуха - по поднимающемуся дыму, принципа воды - по шипящему и кипящему звуку, а принципа земли - по пеплу, который остается по окончании горения.[6]

Бойль опроверг вывод о том, что, поскольку вокруг горящего дерева видно пламя и от него поднимается легкий воздух или дым, *следовательно*, эти принципы содержались в древесине до начала горения. Он пытался экспериментально доказать, что одно вещество может быть получено из другого, в котором первое вещество еще не существовало; так, он в течение года нагревал воду в закрытом стеклянном сосуде и получил твердые частицы, более тяжелые, чем вода, и образованные из них, как он предполагал,. Мы уже узнали истинную интерпретацию этого эксперимента из работ Лавуазье. Бойль выращивал различные овощи только в воде и думал, что таким образом он превратил воду в твердое растительное вещество. Он

рассказывает истории путешественников о росте кусков железа и других металлов в земле или при хранении в подземных подвалах.

Теперь мы знаем, насколько ошибочным по большинству пунктов было это рассуждение, но мы должны признать, что Бойль установил один пункт наиболее удовлетворительно, а именно. из того, что земля, или воздух, или огонь, или вода получены путем нагревания или иного разложения вещества, не обязательно следует, что земля, или воздух, или огонь, или вода существовали как таковые в исходном веществе. Он ниспровергал доктрину элементарных принципов, которой придерживались "вульгарные химики". Определяя элементы как "определенные примитивные и простые тела, которые, не будучи составлены ни из каких других тел или друг из друга, являются ингредиентами, из которых немедленно составляются все так называемые совершенно смешанные тела и в которые они в конечном итоге распадаются", Бойль допускал *возможное* существование, но считал, что известные в его время факты не оправдывают утверждения о *определенном* существовании таких "элементов". Работа Гука и Мэйоу по горению, как правило, усиливала определение "элемента", данное Бойлем.

Блэк, как мы видели, ясно доказал, что определенные химические вещества обладают определенным и неизменным составом и свойствами; а Лавуазье косвенно, через свое объяснение горения, и прямо в своем "Трактате по химии", дал определение "элемента", которое в настоящее время принято повсеместно.

Элемент — это вещество, из которого до сих пор не было получено более простых форм материи, то есть форм материи, каждая из которых весит меньше исходного вещества. *been obtained.*

Таким образом, в десятилетие 1774-1784 годов Лавуазье заложил прочный фундамент химической науки. Подобно большинству великих строителей, будь то физических или ментальных структур, он использовал материалы, собранные теми, кто был до него, но заслуга в том, что эти материалы легли в хорошо заложенный фундамент, на котором будущее здание могло бы прочно покоиться, принадлежит ему одному.

Ценность работ Лавуазье теперь начали признавать его коллеги-химики во Франции. В 1785 году Бертолле, один из самых подающих надежды молодых французских химиков, объявил себя последователем взглядов Лавуазье на горение. Фуркруа, еще один член Академии, вскоре последовал примеру Бертолле. Фуркруа, зная слабость своих соотечественников, понимал, что если бы удалось представить новые взгляды именно как взгляды французов, победа была бы одержана; поэтому он дал теории Лавуазье название "*Французская химия*". Хотя это название было явно несправедливо по отношению к Лавуазье, оно, тем не менее, привело к отождествлению антифлогистической теории с французскими химиками и сумело произвести впечатление на французскую общественность в целом идеей о том, что придерживаться старой теории - значит предавать славу своей страны. М. де Морво, занимавший видное место как в политике, так и в науке, был приглашен в Париж, и вскоре его убедили принять новую теорию. Это преобразование — поскольку "все дело велось так, как если бы это была политическая интрига, а не философское исследование" — имело большое значение для Лавуазье и его друзей. М. де Морво был редактором химической части "Методической энциклопедии"; в той части этой работы, которая появилась до 1784 года, Де Морво умело выступал против мнений Лавуазье, но во второй части работы он представил рекламу, объявляющую об изменении его взглядов на предмет горения и объясняющую причины этого изменения.

Важность наличия определенного языка в каждой науке очевидна на каждом этапе развития. Лавуазье столкнулся с большими трудностями в разъяснении своих взглядов, потому что он был вынужден использовать язык, который был введен химиками-флогистами и который нес на себе отпечаток этой теории на большинстве ее терминов. Примерно в 1785-1787 годах Лавуазье, Бертолле, Фуркруа и Де Морво разработали новую систему химической номенклатуры. Фундаментальные принципы этой системы остались такими же, как и во всех предложенных с тех пор номенклатурах. Вкратце они таковы:—

Элемент - это вещество, из которого до сих пор не было получено ни одной формы материи, более простой, чем он сам.

Каждое вещество следует рассматривать как элемент до тех пор, пока не будет доказано обратное.

Название каждого соединения должно указывать на то, из каких элементов состоит вещество, и выражать, насколько это возможно, относительные количества элементов, которые идут на образование соединения.

Таким образом, соединения кислорода с любым другим элементом были названы оксидами, *например* оксид железа, оксид ртути, оксид олова и т.д. Когда стали известны два оксида железа, один из которых содержал больше кислорода относительно количества присутствующего железа, чем другой, тот, который содержал большее количество кислорода, был назван перекисью железа, а тот, который содержал меньшее количество протооксида железа.

В настоящее время мы обычно предпочитаем использовать название элемента, отличного от кислорода, в форме прилагательного и указывать на относительно меньшее или большее количество присутствующего кислорода путем изменения окончания этого прилагательного. Таким образом, протоксид железа в настоящее время широко известен как оксид*ous* железа, а пероксид железа - как оксид*ic* железа. Но принципы, заложенные четырьмя французскими химиками в 1785-1787 годах, остаются основой нашей нынешней системы номенклатуры.

Антифлогистическая теория вскоре была принята всеми известными французскими химиками. Мы уже видели, что Блэк со своей обычной прямоотой и открытостью убеждениям принял и преподавал эту теорию, и доктор Томас Томсон заверил нас, что, когда он посещал занятия Блэка, через девять лет после публикации французской системы номенклатуры, эта система была широко распространена среди студентов-химиков университета. Более старая теория, естественно, была поддержана соотечественниками выдающегося Штала после того, как от нее отказались во Франции. В 1792 году Клапрот, который в то время был профессором химии в Берлине, предложил Берлинской академии наук повторить более важные эксперименты, на которых основывалась теория Лавуазье, перед Академией. Его предложение было принято, и с этого времени большинство берлинских химиков заявили о своей поддержке новой теории.

К концу прошлого столетия учение Лавуазье о горении нашло почти всеобщее одобрение среди химиков. Но это учение несло в себе, в качестве необходимых частей, фундаментальное различие между элементом и соединением; отрицание существования "принципов" или "сущностей"; признание изучения реально происходящих реакций между веществами в качестве основы, на которой должны были строиться все истинные химические знания; и

полное признание того факта, что материя не создается и не разрушается, а только изменяется в своей форме в ходе любой химической реакции.

Из других работ Лавуазье я могу упомянуть только статью об "Удельных нагревах", внесенную Лапласом и Лавуазье в "Мемуары Академии" за 1780 год. В этой статье описывается ледяной калориметр, с помощью которого определяется количество тепла, выделяемого веществом при охлаждении от одной определенной температуры до другой, путем измерения количества льда, превращенного в воду нагретым веществом при охлаждении в указанном интервале температур. С помощью этого прибора были определены удельные температуры различных веществ, *например* железа, стекла, ртути, негашеной извести и т.д.

Когда мы читаем отчет о работе, проделанной Лавуазье в период с 1774 по 1794 год — работе, которая, должно быть, потребовала большого количества сосредоточенных мыслей, а также затрат большого количества времени, — нам трудно осознать, что в это время вокруг него бушевала самая грандиозная политическая и социальная революция, которую видел современный мир.

В первые дни Французской революции и во времена, непосредственно предшествовавшие этому движению, многие умы были привлечены к пониманию важности изучения природы; но было невозможно, чтобы естественные науки продолжали процветать, когда тиран Робеспьер начал правление террором.

Список тех, кто погиб за это время, не содержит более прославленного имени, чем имя Антуана Лорана Лавуазье. В 1794 году Лавуазье, который в течение некоторого времени исполнял обязанности *фермера-генерала* при правительстве, был обвинен в смешивании с табаком "воды и других ингредиентов, вредных для здоровья граждан". Под этим предлогом он и некоторые из его коллег были приговорены к смертной казни. На несколько дней Лавуазье нашел убежище среди своих друзей, но, услышав, что его коллеги арестованы, он сдался властям, попросив лишь, чтобы смертный приговор не приводился в исполнение до тех пор, пока он не завершит исследования, в которых он участвовал; "не потому", что он "не хотел расставаться с жизнью", а потому, что он думал, что результаты будут "на благо человечества".

"Республика не нуждается в химиках; правосудие не может быть приостановлено", - последовал ответ.

8 мая 1794 года гильотина сделала свое дело, и на пятьдесят первом году жизни Лавуазье "присоединился к большинству". К чести Академии, членом которой он был столь прославленным, сообщается, что депутация его коллег по науке, несмотря на гнев Робеспьера, проникла в подземелья тюрьмы и возложила венок на могилу своего товарища.

Период зарождения химической науки, который я сейчас кратко описал, в целом совпадает со второй половиной восемнадцатого века.

В это время умы людей были сильно взволнованы. Мнения и верования, освященные согласием поколений людей, подвергались сомнению или отрицались; притязаниям гражданских и церковных властей оказывалось сопротивление; утверждения, какими бы убедительными они ни были, и какими бы авторитетами ни подкреплялись, удовлетворялись обоснованными

требованиями. Во Франции этот бунт против простого авторитета был особенно заметен. Возглавляемые великим мыслителем Вольтером, французские философы атаковали общепринятые взгляды в моральных, теологических и исторических вопросах. Немного позже они начали с жадным вниманием и надеждой обращаться к фактам внешней Природы. Физическая наука развивалась с поразительной энергией и с удивительным успехом.

В науках о теплоте и свете мы имеем в настоящее время важнейшие работы Фурье, Прево и Френеля; в геологии и естественной истории у нас есть Бюффон и Кювье; имя Биша знаменует начало биологической науки, а химия приобретает статус науки только со времен Лавуазье.

От философов интерес к естествознанию распространился в массах людей. Примерно в 1870 году лекционные залы великих учителей химии, астрономии, электричества и даже анатомии были переполнены светскими дамами и джентльменами французской столицы. Аналогичное положение дел было заметно и в этой стране. лекционный зал доктора Блэка был заполнен аудиторией, в которую входило много молодых людей с хорошим положением. Знание чего-либо о химии стало неотъемлемой частью подготовки всех, кто хотел получить всестороннее образование.

Тайны Природы теперь быстро исследовались; были достигнуты поразительные успехи, и, естественно, возникло много возражений.

В этой активной, пылкой атмосфере молодая наука химия приближалась к зрелости.

Пристли, постоянно ищущий новые факты, объявляющий об открытии за открытием, нападающий на распространенные представления по большинству вопросов, но при этом удовлетворенный интерпретацией своих научных открытий в терминах гипотезы, с которой он был наиболее знаком, был пионером развивающейся науки. Его можно сравнить с авангардом, посланным вперед исследователями новой страны с приказом расчистить путь для основных сил: его работа заключалась не в том, чтобы выравнивать неровные участки пути или засыпать болотистые места хорошо уложенным металлом, а в том, чтобы довольно быстро проложить дорогу как можно дальше в сердце страны.

И мы видели, насколько хорошо он выполнил свою работу. Своим открытием различных видов воздуха, особенно кислорода, он заложил основу великих обобщений Лавуазье и, что, возможно, было еще важнее, ввел в химию новый метод. Он показал существование нового и неисследованного региона. До него Гук и Мэйоу доказали существование более чем одного вида воздуха, но химия газов возникла после открытий Пристли.

Хотя главные исследования Блэка, посвященные неподвижному воздуху и скрытому теплу, были завершены за пятнадцать-двадцать лет до открытия Пристли кислорода, все же вид работы, сделанной Блэком, и ее влияние на химическую науку указывают на то, что он следует за Пристли по порядку развития. Мы видели, что работа Блэка отличалась тщательностью и наводящей на размышления. Масштабность, широта взглядов этого великого философа лучше всего проиллюстрированы в его рассуждениях о теплоте; там он ведет нас за собой в своем обзоре области Природы, и хотя он говорит нам, что гипотезы - это "просто пустая трата времени", мы обнаруживаем, что именно силой своего воображения он добивается согласия. Но он никогда не позволяет воображению выродиться в причудливые догадки; он энергично проверяет фундаментальные факты своей теории, а затем использует воображение для разработки необходимых следствий из этих фактов.

Блэку мы обязаны не только первым строго точным химическим исследованием, но и установлением справедливых представлений о природе тепла.

Но Лавуазье предстал перед нами как более великий человек, чем Пристли или Блэк. К большой точности и широте взглядов он добавил удивительную способность к обобщениям; благодаря этому, благодаря заметной умственной деятельности и, в целом, благоприятным внешним обстоятельствам, он смог, наконец, опровергнуть распространенные до него расплывчатые мнения о горении и элементарных принципах и таким образом утвердить химию как одну из естественных наук.

В конце первого периода развития мы обнаруживаем, что сфера химии определена; что цель науки определена как поиск объяснения замечательных изменений, замеченных в свойствах тел; что в качестве первого шага к желаемому объяснению все материальные субстанции были разделены химиком на элементы и соединения; что элемент определен как любой вид материи, из данного веса которого еще не были получены более простые формы материи, то есть никакие виды материи, каждая из которых весит меньше исходной материи; что великий был установлен принцип неразрушимости материи, а именно. что, как бы ни изменялись свойства вещества, общая масса (или количество) остается неизменной; и, наконец, мы обнаруживаем, что найдено объяснение одного важного класса химических изменений — тех изменений, которые происходят при горении веществ.

И мы также узнали, что метод, с помощью которого были получены эти результаты, заключался в следующем: обратиться к Природе, точно наблюдать и экспериментировать, тщательно обдумать результаты этих экспериментов и, таким образом, сформировать общую гипотезу; используя умственные способности, и особенно используя воображение, сделать необходимые выводы из этой гипотезы; и, наконец, попробовать эти выводы, снова спросив у Природы, "так ли это".

До того времени, которое мы рассматриваем, пути химической науки были едва ли еще протоптаны. Каждое открытие было полно обещаний, каждое достижение демонстрировало возможность дальнейшего прогресса; атмосфера была наполнена "могучим порывистым ветром", готовым снести старый порядок вещей. То была эпоха сомнений и свободы от оков авторитета; это было время, в высшей степени подходящее для достижений в области естественных знаний.

В непрестанной деятельности Пристли и Лавуазье мы можем проследить влияние беспокойства того времени; но в спокойствии и силе лучших работ этих людей, и особенно в работе Блэка; в спокойствии, с которым Пристли переносил свои невзгоды в Бирмингеме; в благородных словах Лавуазье: "Я не отказываюсь расставаться с жизнью, но я прошу времени, чтобы закончить мои эксперименты, потому что результаты, я верю, пойдут на благо человечества" — мы видим истинность утверждения, сделанного тем, кто был сам верный ученик Природы—

"Природа никогда не предавала сердце, которое любило ее".

СНОСКИ:

[4] Перевод взят из "Истории химии" Томсона.

[5] Тем не менее, в других местах Лавуазье наиболее охотно признает заслуги Пристли.

[6] Аналогичный метод рассуждений использовался еще в десятом веке: так, в англосаксонском "Руководстве по астрономии" мы читаем: "Нет материальной вещи, в которой не было бы четырех элементов, то есть воздуха и огня, земли и воды.... Возьмите палку и потрите ее обо что-нибудь, она станет горячей непосредственно от огня, который таится в ней; подожгите один конец, затем влага с другого конца выйдет вместе с дымом".



ГЛАВА III.

УСТАНОВЛЕНИЕ ОБЩИХ ПРИНЦИПОВ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ — ПЕРИОД ДАЛЬТОНА.

Джон Далтон, 1766-1844.

Прогресс химических знаний стал настолько быстрым в первые годы нынешнего столетия, что, хотя я в этой главе назвал время, непосредственно следовавшее за временем Лавуазье, "периодом Джона Дальтона", и хотя я попытаюсь описать успехи, достигнутые этим философом, не принимая во внимание достижения его современников Дэви и Берцелиуса, все же я должен настаивать на фактах, что такое расположение сделано исключительно ради удобства, и что многие открытия Дэви, Берцелиуса и других были сделаны в порядке времени до публикации Дальтона или непосредственно после нее. атомная теория.

Тем не менее, поскольку работы этих людей по своей сути относятся к современному периоду и поскольку обнародование атомной теории Дальтоном знаменует начало этого периода, кажется, лучше, чтобы мы имели четкое представление о том, что было сделано этим химиком, прежде чем переходить к рассмотрению достижений его современников и преемников.

Джон Далтон, второй из троих детей Джозефа и Деборы Далтон, родился в Иглсфилде, деревне недалеко от Кокермута, в Камберленде, 5 сентября 1766 года. Один из первых молитвенных домов, созданных Обществом друзей, находится в Иглсфилде.

Семья Далтон на протяжении нескольких поколений жила в небольшом поместье копихолд в этой деревне. Первым из них, присоединившимся к "Друзьям", был дедушка Джона Далтона; его потомки остались верными приверженцами этого общества.

Далтон посещал деревенские школы Иглсфилда и окрестностей до одиннадцати лет, к тому времени, помимо обучения чтению, письму и арифметике, он "прошел курс измерения, геодезии, навигации и т.д.". В возрасте десяти лет окружающие начали замечать его вкус к измерениям и вычислениям; этот вкус поощрялся мистером Робинсоном, родственником Далтона, который, признавая неукротимое упорство мальчика, похоже, позаботился о том, чтобы в это время направлять его математические исследования.

В раннем двенадцатилетнем возрасте Далтон прикрепил к двери дома своего отца большой лист бумаги, на котором он объявил, что открыл школу для молодежи обоего пола; также в ней продавались "бумага, ручки и чернила". Мальчик-учитель не имел большой власти над своими учениками, которые вызвали своего учителя на драку на кладбище и разбили окна в комнате, в которой их заперли до тех пор, пока они не выучат свои задания.

Когда Далтону было пятнадцать лет, он переехал в Кендал, где проработал одиннадцать или двенадцать лет, сначала помощником учителя, а затем, вместе со своим старшим братом Джонатаном, директором школы-интерната для мальчиков.

Братья объявили, что в этой школе "молодежь будет тщательно обучаться английскому, латыни, греческому и французскому языкам, а также письму, арифметике, торговым счетам и математике". Школа была не очень успешной. Оба брата были жесткими, негибкими и неуклюжими в своих привычках, и ни один из них не подходил для того, чтобы стать успешным учителем мальчиков: из них двоих Джон обладал более мягким нравом, и мальчики отдавали ему предпочтение; "кроме того, его ум был настолько занят математикой, что их ошибки ускользали от его внимания".

В течение этого времени Далтон использовал свой досуг для изучения латыни, греческого и французского языков, а также для изучения математики и натурфилософии. Он стал частым автором "*Дневника джентльмена*", статьи, в которой публиковались задачи различного рода — в основном математические — и вручались призы за их успешное решение.

Помимо постановки математических задач и ответов на них в этом журнале, а также в *Дамском дневнике*, Далтон иногда углублялся в более широкие области психических явлений. Кажется странным читать, что даже в возрасте двадцати шести лет Далтон проводит свободное время, сочиняя ответы на такие вопросы, как эти: —

"Является ли, по мнению великодушного человека, предоставление или получение обязательства большим удовольствием?"

"Возможно ли для чувствительного и добродетельного человека, который однажды испытал страсть любви в самой полной мере, на какую способно человеческое сердце (будучи из-за смерти или каких-либо других обстоятельств навсегда лишенным объекта своих желаний), когда-либо испытывать равную страсть к какому-либо другому объекту?"

В своем ответе на второй из этих вопросов Далтон тщательно сформулировал две гипотезы и столь же тщательно сделал выводы из каждой. Вопрос в *Дневнике* был задан "Мирой"; если бы "Мира" была "восторженной девушкой", она не получила бы особого утешения от холодного и математического ответа "мистера Джона Далтона из Кендала".

В Кендале Далтон познакомился с мистером Гофом, который был примерно на восемь лет старше Далтона и был слепым с двухлетнего возраста. Мистер Гоф, по заверению Далтона, был "в совершенстве владеющим латинским, греческим и французским языками"; он "хорошо разбирался во всех различных разделах математики"; "не было другой области натурфилософии, кроме той, с которой он был хорошо знаком"; он знал "на ощупь, вкус и запах почти каждое растение в радиусе двадцати миль от Кендала". Дружбе этого замечательного человека Далтон был многим обязан; с его помощью он приобрел неплохие знания классических языков, и именно он подал Далтону пример регулярного ведения записей наблюдений за погодой.

24 марта 1787 года Далтон сделал свою первую запись в книге, которую он озаглавил "Наблюдения о погоде и т. Д."; последнюю запись в этой книге он сделал пятьдесят семь лет спустя, вечером, предшествовавшим его смерти. Важность метеорологических наблюдений Дальтона, приведших его к концепции атомной теории, будет отмечена по мере нашего продвижения.

В 1793 году Далтон, которому сейчас было двадцать семь лет, был приглашен в Манчестер на должность преподавателя факультета математики и естественной философии колледжа, недавно основанного влиятельными диссидентами в этом городе. Ему было гарантировано восемьдесят фунтов за десятимесячную сессию; и ему были предоставлены "комнаты общего пользования" в колледже за плату в размере 27 10 *фунтов стерлингов* за сессию.

Он занимал эту должность в течение шести лет, после чего вышел на пенсию и, продолжая жить в Манчестере, посвятил себя исследованиям в области естественной философии, зарабатывая на жизнь тем, что давал частные уроки математики и физики за плату в размере 2с. 6д. в час, или 1с. 6д. каждый, если одновременно посещали более двух учеников.

Далтон был избран членом Литературного и философского общества Манчестера в 1794 году; и с момента своего ухода с поста наставника Манчестерского Нового колледжа до конца своей жизни он проводил большую часть своего времени в комнате в доме общества на Джордж-стрит, изучая и преподавая. Пятьдесят лет, проведенных таким образом, отмечены немногими внешними событиями. История жизни Далтона с этого времени - это история развития его интеллекта и запись его научных открытий.

Однажды во время пребывания Далтона в Кендале, когда он собирался посетить свою родную деревню, он подумал, что подарок в виде пары шелковых чулок был бы приятен его матери. Соответственно, он купил пару с надписью "по последней моде", но замечание его матери: "Ты привез мне пару великолепных чулок, Джон; но почему тебе понравился такой светлый цвет? Я никогда не смогу показаться в них на собрании", что несколько смутило его, поскольку, на его взгляд, чулки были традиционного серого цвета. Его мать настаивала, что чулки были "красными, как вишня". Брат Джона поддержал "серую" сторону спора; поэтому были вызваны соседи, которые вынесли свое решение о том, что шланги были "очень хорошего качества, но необычно алого цвета".

С этого времени Далтон стал делать наблюдения над особенностями своего собственного видения и видения других людей, и в своем первом докладе, прочитанном перед Литературно-философским обществом в 1794 году, он описал эти особенности. Он говорит: "С 1790 годаслучайное изучение ботаники вынудило меня уделять цветам больше внимания, чем раньше.

Что касается цветов, которые были белыми, желтыми или зелеными, я с готовностью согласился с соответствующим термином; синий, фиолетовый, розовый и малиновый казались гораздо менее различимыми, поскольку, согласно моей идее, все они относились к синему. Я часто серьезно спрашивал человека, какой цветок голубой или розовый, но обычно считалось, что это было сказано в шутку ". Дальтонизм Далтона был забавно проиллюстрирован позже, когда, получив звание доктора философии Оксфордского университета, он продолжал носить красную мантию своей степени в течение нескольких дней; и когда его внимание было привлечено к несколько странному даже для университетского городка явлению пожилого джентльмена в одежде квакера, изо дня в день прогуливающегося по городу в алой мантии, он заметил, что ему кажется, что мантия того же цвета, что и зеленые деревья.

Работа Далтона в течение следующих шести или восьми лет была посвящена главным образом проблемам, возникшим в результате его метеорологических наблюдений; он опубликовал том "Метеорологические наблюдения и очерки", в основном посвященный описаниям используемых приборов, в особенности термометра и барометра, а также прибора для определения точки росы воздуха. К этому времени он установил существование какой-то связи между магнетизмом и полярным сиянием и, таким образом, заложил основы важнейшего раздела метеорологии.

В 1799 году в примечании к статье о дожде и росе он начинает свою работу над водяным паром в атмосфере с доказательства того, что водяной пар как таковой существует в воздухе. За этой статьей быстро следует другая, посвященная теплопроводности воды.

В 1801 году была опубликована очень важная статья "Состав смешанных газов и т.д.", в которой Дальтон утверждал, что общее давление смеси двух газов на стенки содержащего сосуда равно сумме давлений каждого газа; другими словами, если удалить один газ, то давление, оказываемое оставшимся газом, будет точно таким же, какое оказывал этот газ в исходной смеси. В статье, опубликованной гораздо позже (1826), когда его взгляды и эксперименты по этому предмету созрели, он пишет: "Мне кажется, что всякий раз, когда два или более ... газы или пары ... если они будут собраны вместе либо в ограниченном, либо в неограниченном пространстве, то в конечном итоге каждый из них будет расположен так, как если бы он занимал все пространство, а других не было; природа жидкостей и гравитация являются единственными эффективными агентами ".

Этот вывод был подтвержден и расширен в статье, опубликованной в 1803 году, о поглощении газов водой и другими жидкостями, в которой он утверждает, что количество каждого газа, *механически растворенного* жидкостью из смеси газов, зависит только от количества *этого* газа в смеси, другие газы не оказывают никакого влияния в этом отношении.

Теперь Дальтон рассмотрел изменение давления различных газов, вызванное повышением или понижением температуры, а затем перешел к обсуждению соотношений, существующих между объемами газов и температурой, при которой эти объемы измеряются. Он пришел к выводу, что "все упругие жидкости" при одинаковом давлении одинаково расширяются под действием тепла; и он добавляет очень важное замечание: "Следовательно, кажется, что общие законы, касающиеся абсолютного количества и природы тепла, с большей вероятностью могут быть выведены из изучения упругих жидкостей, чем других веществ" — замечание, глубокая истинность которого подчеркивалась каждым шагом в продвижении нашей концепции природы тепла со времен Дальтона.

В этих статьях о "Составе смешанных газов" Далтон также описывает и иллюстрирует метод, с помощью которого фактическое количество водяного пара в данном объеме атмосферного воздуха может быть определено на основе знания точки росы этого воздуха, то есть температуры, при которой начинается отложение воды в жидкой форме. Внедрение этого метода определения влажности воздуха знаменует собой важный шаг вперед в истории метеорологии.

В этой серии статей, опубликованных в течение первых трех лет нынешнего столетия, Дальтон, очевидно, имел перед мысленным взором картину газа как количества вещества, состоящего из маленьких, но независимых частиц; он постоянно говорит о давлениях между маленькими частицами упругих жидкостей, об этих частицах, отталкивающих друг от друга, и т.д. В своей "Новой системе" он говорит: "Сосуд, наполненный любой чистой эластичной жидкостью, представляет воображению картину, подобную сосуду, наполненному мелкой дробью".

Очень важно отметить, что Дальтон использует эту концепцию малых частиц для объяснения чисто физических экспериментов и операций. Хотя мы знаем, что в эти годы он много думал о "химических сочетаниях", все же мы обнаруживаем, что именно его наблюдения за погодой привели его к концепции — чисто физической концепции — о том, что каждый химически отдельный газ состоит из огромного количества мелких, одинаково тяжелых частиц.

Рассмотрение этих работ Дальтона по составу смешанных газов показывает нам метод, которым он руководствовался в своих исследованиях. "Прогресс философского знания, - говорит он, - ускоряется открытием новых и важных фактов; но гораздо больше, когда эти факты приводят к установлению общих законов". Далтон всегда стремился постичь общие законы. Факты, которые он описывает, часто неточны; ему на редкость не хватало манипуляций, и он не может претендовать на высокое положение как тщательный экспериментатор. Однако он смог сделать общие выводы, имеющие широкую применимость. Иногда кажется, что он сформулировал обобщение в определенной форме еще до того, как получил какое-либо экспериментальное подтверждение этого.

В 1802 году Далтон провел исследование воздуха из различных населенных пунктов и пришел к выводу, что сто объемов воздуха состоят из двадцати одного объема кислорода и семидесяти девяти объемов азота. По-видимому, это была его первая чисто химическая работа. Но в следующем году он снова возвращается к физическим явлениям. В уже упоминавшейся статье "О поглощении газов водой и другими жидкостями", опубликованной в этом году, он утверждал, что "Все газы, которые попадают в воду и другие жидкости под давлением и снова полностью выделяются при снятии этого давления, *механически* смешиваются с жидкостью, а не *химически* соединяются с ней". Но если это так, то почему, спрашивал он, вода механически не растворяет такое же количество любого вида газа? Ответ, который он дает на этот вопрос, приведен в конце статьи; для изучающего химию это очень важно:—

Я должным образом рассмотрел этот вопрос, и хотя я еще не в состоянии полностью удовлетворить себя, я почти убежден, что обстоятельства зависят от веса и количества конечных частиц нескольких газов, причем те, чьи частицы самые легкие и единичные, наименее усваиваются, а другие - больше, соответственно, по мере увеличения их веса и сложности. Исследование относительных весов элементарных частиц тел - это тема, насколько я знаю, совершенно новая. В последнее время я занимаюсь этим исследованием с замечательным успехом. Этот принцип не может быть изложен в этой статье; но я просто

приведу результаты, насколько они, по-видимому, подтверждены моими экспериментами. "Затем следует *"Таблица относительных весов элементарных частиц газообразных и других тел"*. Среди прочих приведены следующие цифры:—

Водород	1	Сера	14·4
Кислород	5·5	Спирт	15·1
Азот	4·2	Закись азота	13·7
Фосфор	7·2	Эфир	9·6

Здесь положено начало атомной теории; и все же строго химическая экспериментальная работа Дальтона лежит в будущем. Сфера применения теории определена в этом предложении — *"Исследование относительных весов элементарных частиц тел"*. Его статья о смешанных газах проиллюстрирована табличкой,[\[7\]](#) которая показывает, как ярко Дальтон в то время представлял себе количество газа, состоящее из множества мелких частиц, и как ясно он осознавал необходимость рассматривать все частицы каждого элементарного газа как похожие, но отличающиеся от частиц любого другого элементарного газа.

В 1804 году Далтона пригласили прочитать курс лекций в Лондонском королевском институте по теплоте, смешанным газам и подобным предметам. В этих лекциях он изложил свои взгляды на строение газов, на поглощение газов жидкостями и т.д. Эти взгляды привлекли большое внимание в этой и других странах. "Они заняты ими, - пишет он в 1804 году, - в Лондоне, Эдинбурге, Париже и в различных частях Германии, одни поддерживают одну сторону, другие - другую. Наверняка, наконец-то правда выйдет наружу".

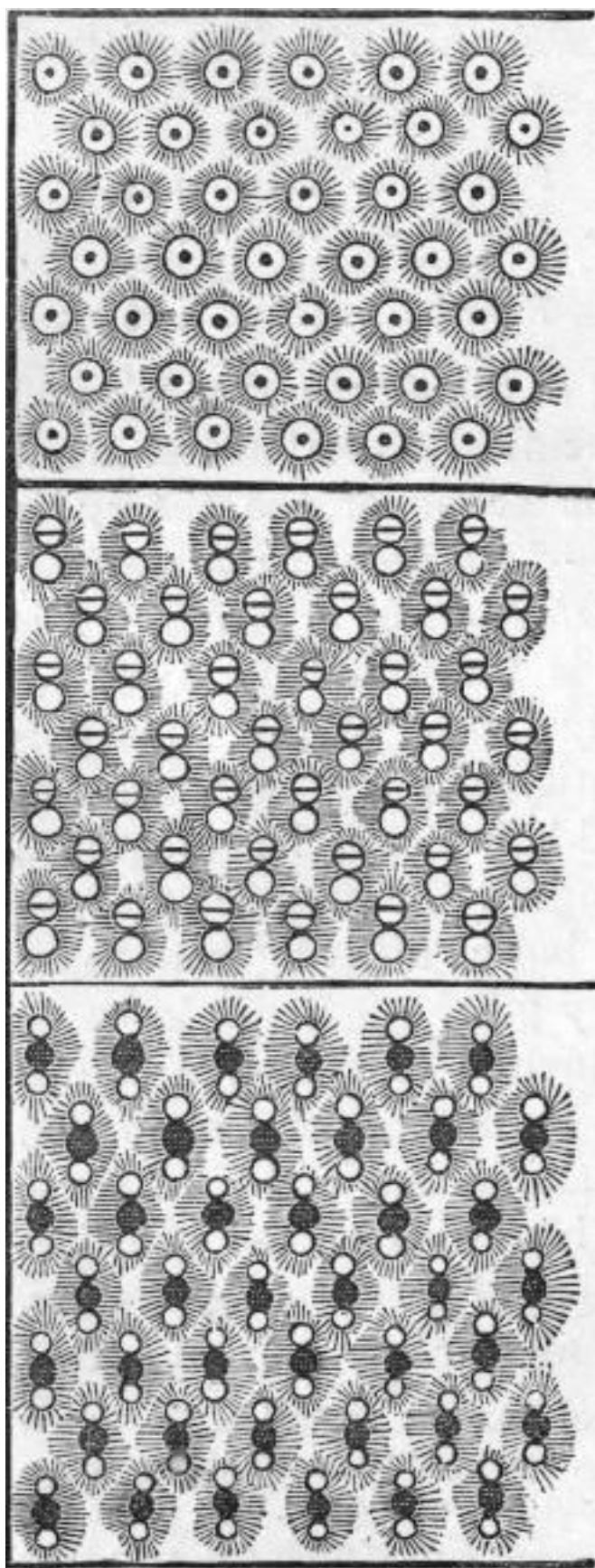


Рис. 2

Любовь Далтона к числовым расчетам заметна по одному тривиальному обстоятельству, о котором он упоминает в письме из Лондона своему брату. Он попытался подсчитать количество автобусов, которые он встретил, отправляясь на утреннюю встречу Друзей: он уверяет своего брата, что "сделал это с приемлемой точностью. Номер был сто четыре.

Во время каникул Далтон обычно совершал пешую экскурсию по Озерному краю. Он чрезвычайно любил горные пейзажи, но обычно совмещал занятия наукой с развлечениями; он носил с собой метеорологические приборы, определял точку росы на различных высотах и измерял высоту гор с помощью своего барометра. Однако иногда он отказывался иметь какое-либо отношение к науке. Товарищ по одной из таких экскурсий говорит, что он был "похож на школьника, наслаждающегося каникулами, издевающегося над кукушками, мирящегося и гонящегося за зайцами, время от времени останавливающегося, чтобы показать какой-нибудь красивый вид, или слоняющегося без дела, чтобы поболтать с проходящими пешеходами".

Эта сторона натуры Далтона не часто проявлялась. В нем обычно проявлялся характер тихого, трудолюбивого студента; но во время каникул, которые он позволял себе каждый четверг днем, чтобы насладиться обществом нескольких друзей и заняться своим любимым развлечением - игрой в шары, - он отчасти отказался от спокойствия, размеренности и благопристойности, которые обычно были для него характерны. "Когда пришла его очередь подавать, он вложил в игру всю душу ... и зрителям было немало забавно видеть, как он бежит за мячом по грину, наклоняясь, как будто разговаривая с ним, и размахивая руками из стороны в сторону именно так, как он хотел, чтобы линия мяча была такой, и проявляя самый пристальный интерес к тому, чтобы мяч приблизился к точке, в которую он целился".

Начиная с 1803-4 годов Далтон все больше и больше занимается химией. Создание атомной теории теперь занимало большую часть его времени и внимания. Результаты его исследования "первичных законов, которые, по-видимому, действуют в отношении тепла и химических соединений", появились в его "Новой системе химической философии", часть I. которой "О теплоте, строении тел и химическом синтезе" была опубликована в 1808 году.

Теперь мы подошли к тому времени, когда исследование Дальтоном "относительных весов элементарных частиц тел" было, по его мнению, достаточно продвинуто для представления научному миру; но я думаю, нам лучше отложить рассмотрение этого великого исследования до тех пор, пока мы не завершим наш обзор главных событий в жизни Дальтона, помимо этого величайшего события из всех.

Далтон не искал наград — он желал только справедливой славы человека, который искал естественные истины; но после публикации "Новой системы" награды начали приходить к нему. В 1817 году он был избран членом-корреспондентом Французской академии наук.

В 1822 году, когда его слава химика-философа полностью утвердилась, Далтон посетил Париж. Этот визит доставил ему огромное удовольствие. Он постоянно находился в обществе великих людей, которые тогда так благородно представляли достоинство естествознания во Франции; Лаплас, Кювье, Био, Араго, Гей-Люссак, Милн-Эдвардс и другие были его друзьями. Некоторое время после этого визита он был более оживленным и общительным, чем обычно, и, по словам одного человека, жившего с ним в одном доме, "Мы часто подтрунивали над ним по поводу того, что он стал наполовину французом". Далтон особенно ценил дружбу Клементины Кювье, дочери великого натуралиста, с которой он познакомился во время своего визита в Париж. Всю свою

жизнь он получал огромное удовольствие от общества культурных женщин, и самая теплая дружба у него была с благородными дамами. Одно время, вскоре после переезда в Манчестер, он был очень увлечен вдовой, которая сочетала в себе большое личное обаяние с высокой умственной культурой. "Во время моего *заточения*, - пишет он другу, - которое длилось около недели, я потерял аппетит и у меня появились другие симптомы *рабства*, такие как бессвязная речь и т.д., Но теперь, к счастью, я снова обрел свободу". Общество людей, которые, как и он сам, активно занимались естественнонаучными исследованиями, также было источником большого удовольствия для Далтона. Такие люди часто навещали его в Манчестере, так что в доме преподобного мистера Джонса, в семье которого он жил, "время от времени бывали некоторые из величайших философов Европы".

Далтон был избран членом Королевского общества в 1822 году, а четыре года спустя он стал первым лауреатом одной из Королевских медалей, учрежденных тогда королем (Георгом IV.). В 1830 году он был избран одним из восьми иностранных членов Французской академии - награда, которая обычно считается самой высокой, которая может быть оказана любому человеку науки.

Далтон был одним из первых членов Британской ассоциации содействия развитию науки и присутствовал на большинстве собраний, начиная с первого, состоявшегося в Йорке в 1831 году, и заканчивая тем, которое состоялось в Манчестере за два года до его смерти. На Оксфордском собрании 1832 года университет присвоил ему звание доктора юридических наук, а два года спустя Эдинбургский университет оказал себе честь, включив его имя в список своих докторов юридических наук.

Примерно в это же время некоторые из друзей Далтона по науке, считавшие его работу огромной государственной важности, попытались добиться для него пенсии по гражданскому списку. На собрании Британской ассоциации, состоявшемся в Кембридже в 1833 году, президент, профессор Седжвик, смог объявить, что "Его Величество, желая продемонстрировать свою привязанность к науке и свое уважение к личности, подобной доктору Далтону, милостиво наградил его из средств гражданского списка существенным знаком своей королевской милости". "Существенный знак королевской милости", объявление о котором Далтон принял "со своим обычным спокойствием и простотой манер", состоял из пенсии в размере 150 *фунтов стерлингов в год*, которая была увеличена три года спустя до 300 фунтов стерлингов.

Вторая часть Первого тома его "Новой системы" была опубликована Дальтоном в 1810 году, а второй том того же труда - в 1827 году. В 1844 году перед Британской ассоциацией был прочитан его доклад, в котором он объявил о некоторых важных открытиях, касающихся воды в кристаллизующихся солях, и, таким образом, ввел новый класс фактов в рамки атомной теории.

В 1837 году его разбил паралич, но он в значительной степени выздоровел; однако второй приступ в 1844 году полностью поверг его в обморок. 16 июля того же года он сделал последнюю запись в своей книге "Наблюдений за погодой" — "*Небольшой дождь*"; на следующее утро он потерял сознание и тихо скончался.

Именно как основателя химической атомной теории Дальтон должен навсегда остаться в памяти всех изучающих физику и химию.

Греческим философам Левкиппу и Демокриту (расцвет которых пришелся примерно на 440-400 гг. до н.э.) мы обязаны концепцией, согласно которой "Тела, которые мы видим и прикасаемся к ним, которые мы можем приводить в движение или оставлять в покое, которые мы можем разбивать на части и уничтожать, состоят из тел меньшего размера, которые мы не можем видеть или прикасаться к ним, которые всегда находятся в движении, и которые нельзя ни остановить, ни разбить на части, ни каким-либо образом уничтожить или лишить хотя бы части их свойств" (Клерк Максвелл). Считалось, что более тяжелые из этих маленьких неделимых тел, или атомов, всегда движутся вниз. При столкновениях между этими и более легкими восходящими атомами возникали боковые движения. В силу естественного закона (как они говорили), согласно которому предметы одинакового веса и формы должны находиться в одном и том же месте, атомы различных элементов собрались вместе; таким образом образовались большие массы материи; они снова объединились, и так, наконец, возникли миры.

Это учение было расширено Эпикуром (340-270 гг. до н.э.), чье учение сохранилось для нас в поэме Лукреция (95-52 гг. до н.э.) "О природе"; он приписывал атомам способность отклоняться от прямой линии при их нисходящем движении. Основываясь на этой гипотезе, Эпикур построил общую теорию, объясняющую все материальные и духовные явления.

Непрерывное изменение и распад всего, что их окружало, несомненно, было одной из причин, приведших людей к такому представлению об атомах как о неделимых, неразрушимых субстанциях, которые никогда не изнашиваются и не могут быть изменены. Но даже здесь нельзя было найти покоя; разум был вынужден рассматривать эти атомы как всегда находящиеся в движении. Танец пылинок в солнечном луче был для Лукреция результатом более сложного движения, при котором возбуждаются атомы, составляющие эту пыль. В его сне, рассказанном Теннисоном —

"В Природе образовалась пустота: все ее связи
Треснули: и я увидел, как пылающие потоки атомов
И потоки мириад ее вселенной,
Разрушаясь в безграничной пустоте,
Устремляются дальше, чтобы снова столкнуться друг с другом и создать
Все новый и новый порядок вещей
Навсегда".

Центральным стремлением физика со времен Демокрита до настоящего времени было объяснить концепцию "атома" — более четко развить наблюдаемые свойства вещей, которые можно видеть и с которыми можно обращаться как с зависимыми от свойств тех вещей, которые нельзя увидеть, но которые все же существуют. В течение двух тысяч лет он пытался проникнуть под постоянно меняющиеся проявления Природы и найти какое-нибудь более надежное пристанище, откуда он мог бы обозревать эти меняющиеся картины, когда они проходят перед его мысленным взором. Старые атомисты думали найти это пристанище не в самих атомах, а в обширных пространствах, которые, как они предполагали, существовали между мирами:

"Прозрачное пространство мира за миром
Где никогда не проползает ни облачка, ни ветерка,
Никогда не падает ни малейшей белой снежной звезды,
Никогда не раздаются самые низкие раскаты грома,
Ни звуки человеческой скорби не нарушают
Их священного вечного спокойствия".

Современному исследователю науки идея абсолютного покоя кажется немыслимой; но в самом последнем результате атомной теории — в вихревых атомах Гельмгольца и Томсона — он думает, что видит сами "краеугольные камни материальной вселенной".

Ньютон представлял себе атом как "твердую, массивную, непроницаемую, подвижную частицу". По мнению Д. Бернулли, давление, оказываемое газом на стенки окружающего его сосуда, было вызвано постоянной бомбардировкой стенок атомами, из которых состоял газ.

Движение атомов было ведущей идеей в объяснении теплоты, данном Румфордом и Дэви, и в настоящее время общепринятой; и, как мы видели, сам Дальтон привык рассматривать все "упругие жидкости" (*то есть* газы) как состоящие из огромного числа атомов.

Но примерно в 1802 году Далтон подумал, что с помощью изучения химических соединений можно будет определить относительный вес атомов. Предположим, что любой элементарный газ состоит из маленьких, неделимых, одинаково тяжелых частей; предположим, что вес атома одного элемента отличается от веса атома любого другого элемента; и, наконец, предположим, что при соединении элементов атом полученного таким образом соединения состоит из атомов различных элементов. Сделайте эти предположения, и из этого следует, что относительные веса двух или более элементов, которые объединяются вместе, должны представлять собой относительные веса атомов этих элементов.

Мы знаем, что постоянство состава химических соединений было установлено еще до этого времени, в основном благодаря трудам Блэка и Лавуазье. Постоянство состава, однако, было поставлено под сомнение Бертолле, который утверждал, что элементы соединяются друг с другом в очень различных количествах; что фактически вместо двух, трех или нескольких определенных соединений, скажем, железа и кислорода, существует постепенный ряд таких тел; и что количество железа, которое соединяется с кислородом, зависит главным образом от таких физических условий, как температура, давление и т.д., при которых происходит химическое действие. Но ко времени публикации первой части "Новой системы" Далтона длительный спор между Бертолле и Прустом относительно неизменности состава соединений почти завершился в пользу последнего химика, который решительно отстаивал утвердительную сторону аргументации. Но если предположения Дальтона верны, очевидно, что когда два элемента образуют более одного соединения, количество элемента А в одном из них должно быть простым кратным количеству в другом из этих соединений; потому что в атоме одного соединения должно быть большее количество атомов элемента А, чем в атоме другого соединения, и предполагается, что элементарный атом неделим. Отсюда следует, что если один элемент принимается за стандарт, то должна быть возможность прикрепить к любому другому элементу определенное число, которое должно выражать наименьшее количество этого элемента, которое соединяется с одной частью по весу стандартного элемента; и это число также должно представлять, во сколько раз атом данного элемента тяжелее атома

стандартного элемента, вес которого был принят равным *единице*. Если этот элемент образует два соединения со стандартным элементом, количество этого элемента во втором соединении должно быть выражено простым кратным числу, присвоенному этому элементу, поскольку, согласно фундаментальным предположениям теории, невозможно образовать соединение путем сочетания долей элементарных атомов.

Размышляя над фактами, касающимися химических соединений, которые были установлены различными исследователями до 1802 года, Далтон, очевидно, пришел к таким выводам, которые указаны сейчас.

В своей статье о свойствах газов, составляющих атмосферу, зачитанной Манчестерскому обществу 12 ноября 1802 года, он заявил, что сто мер обычного воздуха в сочетании с тридцатью шестью мерами "азотистого газа" в узкой трубке дадут оксид азота, а с семьюдесятью двумя мерами того же газа в широком сосуде - другой оксид азота. Эти факты, по его словам, "ясно указывают на теорию процесса: элементы кислорода могут соединяться с определенной порцией газообразной закиси азота или с вдвое большей порцией, но без промежуточного количества".

В заключительном абзаце его статьи о поглощении газов жидкостями, прочитанной 21 октября 1803 г., мы обнаружили (см. стр. 116), что он зашел так далеко в своем исследовании "относительных весов элементарных частиц тел", что привел таблицу из двадцати одного такого веса. Примерно в это же время Далтон провел анализ двух газообразных соединений углерод-олефинового газа и карбюрированного водорода, или болотного газа. Он обнаружил, что оба являются соединениями углерода и водорода; что в одном 4,3 весовых части углерода соединены с одной весовой частью водорода, а в другом такое же количество (4,3) углерода соединено с двумя весовыми частями водорода.^[8]

Это было поразительным подтверждением его взглядов на сочетание во множестве пропорций, которые вытекали как необходимый вывод из атомной гипотезы. С этого времени он продолжал развивать и расширять эту гипотезу, и в 1808 году опубликовал свою "Новую систему химической философии".

Однако первый подробный отчет об атомной теории был представлен химическому миру за год до появления книги Далтона. Во время беседы с Дальтоном осенью 1804 года доктор Томас Томсон ознакомился с фундаментальными положениями новой теории, и в третьем издании своей "Системы химии", опубликованном в 1807 году, он изложил взгляды Дальтона относительно состава тел.

В том же году в *Philosophical Transactions* появилась статья Томсона, в которой экспериментально доказывалось, что щавелевая кислота соединяется со стронцием с образованием двух различных соединений, одно из которых содержит в два раза больше щавелевой кислоты, чем другое, при этом количество стронция в обоих одинаково. Анализ оксалатов калия, опубликованные примерно в то же время Волластоном, предоставили еще одну иллюстрацию *закона множественных пропорций* и привлекли внимание химиков к теории Дальтона. Но против новой теории выступили несколько очень выдающихся химиков, в частности сэр Хамфри Дэви. Осенью 1807 года Волластон, Томсон и Дэви присутствовали на ужине в клубе королевского общества в "Короне и Якоре" на Стрэнде. После ужина эти трое химиков полтора часа обсуждали новую теорию, Волластон и Томсон пытались убедить Дэви в

истинности теории Дальтона; но "он был так далек от того, чтобы быть убежденным, что ушел, по возможности, еще более предубежденным против нее, чем когда-либо".

Вскоре после этого Волластону удалось убедить мистера Дэвиса Гилберта (впоследствии президента Королевского общества) в справедливости атомной теории, а тот, в свою очередь, так изложил факты и рассуждения Дэви, что с этого времени тот стал сторонником новой теории.

Для того чтобы атомная теория приносила плодотворные результаты, теперь было необходимо тщательно определить значения атомных весов многих элементов.

Давайте рассмотрим, какие знания необходимо приобрести, прежде чем можно будет определить значение, которое будет присвоено атомному весу элемента.

Водород был элементом, выбранным Далтоном в качестве стандарта. Он предположил, что атом водорода весит 1; следовательно, атомный вес любого другого элемента - это число, которое показывает, во сколько раз атом этого элемента тяжелее атома водорода. Таким образом, когда Дальтон сказал, что атомный вес кислорода равен 8, он имел в виду, что атом кислорода в восемь раз тяжелее атома водорода. Как было получено это число?

Точные анализы воды показывают, что в этой жидкости одна весовая часть водорода соединена с восемью весовыми частями кислорода; но (как сказано), поскольку атом водорода весит 1, атом кислорода должен весить 8. Делая этот вывод, предполагается, что атом, или мельчайшая частица, воды состоит из одного атома водорода и одного атома кислорода. Предположим, что атом воды содержит два атома водорода и один кислород, тогда последний атом должен весить в шестнадцать раз больше каждого атома водорода; предположим, что три атома водорода соединяются с одним атомом кислорода, образуя атом воды, тогда вес атома кислорода должен быть в двадцать четыре раза больше веса атома водорода. Любое из этих предположений в равной степени удовлетворит цифрам, полученным при анализе воды ($1:8 = 2:16 = 3:24$). Теперь, если бы у нас был какой-либо метод, с помощью которого мы могли бы определить, во сколько раз атом воды тяжелее атома водорода, мы были бы в состоянии определить, какое из приведенных выше предположений верно, и, следовательно, определить атомный вес кислорода. Следовательно, прежде чем можно будет определить атомный вес элемента, должен быть найден какой-то метод для определения атомных весов соединений этого элемента. Если это не может быть сделано, атомная теория мало что даст в химии.

Я считаю одним из выдающихся достоинств Дальтона то, что он так четко излагает правила, лучшие из тех, которые можно было придумать в его время, для определения атомных весов соединений или, что то же самое, для определения числа элементарных атомов в одном атоме любого соединения. В своей "Новой системе" он говорит, что хочет показать важность определения "относительных весов первичных частиц как простых, так и составных тел, количества простых элементарных частиц, составляющих одну составную частицу, и количества менее составных частиц, которые участвуют в образовании еще одной составной частицы".

Рассматривая соединения двух элементов, он делит их на бинарные, троичные, четвертичные и т.д., В соответствии с тем, что составной атом содержит два, три, четыре и т.д. атома элементов. Затем он поступает таким образом —

"Следующие общие правила могут быть приняты в качестве руководства ко всем нашим исследованиям, касающимся химического синтеза:—

"1-й. Когда может быть получена только одна комбинация из двух тел, следует предположить, что она является *бинарной* единицей, если только какая-либо причина не указывает на обратное.

"2-й. Когда наблюдаются две комбинации, следует предполагать, что они являются *двоичными* и *троичными*.

"3-й. Когда получены три комбинации, мы можем ожидать, что одна из них будет *двоичной* а две другие *троичными*.

"4-й. Когда наблюдаются четыре комбинации, мы должны ожидать одну *двоичную*, две *троичные* и одну *четверичную*" и т.д.

Тогда было известно только одно соединение водорода и кислорода; следовательно, предполагалось, что это бинарное соединение, т.е. соединение, мельчайшая частица которого состояла из одного атома водорода и одного атома кислорода; и, следовательно, из данных, уже приведенных на странице 130, следовало, что атомный вес кислорода равен 8. Были известны два соединения углерода и кислорода, каждое из которых содержало шесть весовых частей углерода, в одном случае соединенных с восемью, а в другом случае с шестнадцатью весовыми частями кислорода. Согласно правилам Дальтона, одно из них было двойным, а другое - тройным соединением; но поскольку атомный вес кислорода уже был определен равным 8, то соединение углерода и кислорода, содержащее восемь единиц кислорода в сочетании с шестью единицами углерода, было решено считать бинарным, а соединение, содержащее шестнадцать единиц кислорода (т.е. два атома) - тройным; и, следовательно, атомный вес углерода был определен равным 6.

Во второй части "Новой системы" Дальтон, руководствуясь этими правилами, экспериментально определил атомные веса огромного количества веществ; но это была не та работа, которая подходила для гения Дальтона. Его аналитические определения, как правило, были неточными; тем не менее, он ясно показал, как следует устанавливать значения атомных масс элементов, и получил результаты, достаточно точные, чтобы подтвердить свою общую теорию. Точное определение относительных масс элементарных атомов было одной из задач, возложенных на великого шведского химика Берцелиуса (см. стр. 162-170). Когда мы исследуем правила Дальтона, мы должны признать, что они кажутся несколько произвольными. Он не приводит оснований для своего утверждения, что "когда может быть получена только одна комбинация двух тел, следует предположить, что она бинарная". Почему он не может быть тройным или четвертичным? Почему атом воды должен состоять из одного атома водорода в сочетании с одним атомом кислорода? Или, когда известны два соединения, содержащие одну и ту же пару элементов, почему одно должно быть бинарным, а другое троичным?

Или, даже если предположить, что это *должно* быть обосновано фактами, следует ли из этого, что интерпретация Далтоном атомной структуры двух оксидов углерода обязательно верна? Эти оксиды содержат 6 углерода + 8 кислорода и 6 углерода + 16 кислорода соответственно.

Возьмем второе, $6: 16 = 3: 8$; предположим, что это бинарное соединение одного атома кислорода (весом 8) с одним атомом углерода (весом 3), тогда другое будет тройным соединением, содержащим один атом кислорода (8) и два атома углерода (6).

Следовательно, представляется, что правила Дальтона были слишком произвольными и что их было недостаточно для точного определения атомных весов некоторых элементов. Тем не менее, без некоторых правил, подобных правилам Дальтона, нельзя было бы добиться больших успехов в применении атомной теории к фактам химического сочетания; а правила Дальтона, несомненно, были основаны на широких соображениях. В приложении ко Второму тому. в своей "Новой системе" он прямо заявляет, что прежде чем можно будет определить количество атомов двух элементов, присутствующих в атоме соединения, необходимо исследовать множество комбинаций не только этих элементов друг с другом, но и каждого из них с другими элементами; и он говорит нам, что собрать воедино факты, относящиеся к этому общему вопросу химического синтеза, было целью его работы со времени обнародования атомной теории.

Когда мы обнаруживаем, что Дальтон применил термин "атом" к малым частицам составных тел, мы сразу видим, что под атомом он не всегда мог подразумевать "то, что нельзя разрезать"; он просто имел в виду мельчайшую частицу вещества, которая проявляет свойства этого вещества.

Масса водяного пара была задумана Далтоном как "похожая на массу мелкой дроби". Каждая дробь проявляла характерные химические свойства водяного пара; она отличалась от большого количества пара только массой; но если разделить один из этих маленьких кусочков дроби — а Далтон, конечно, знал, что его можно разделить, — получатся более мелкие кусочки вещества. Но это была бы уже не вода, а новые виды материи. Они называются кислородом и водородом.

Чтобы помочь получить четкое представление об "атоме" соединения как определенной конструкции, Далтон сделал схематические изображения гипотетических структур некоторых из этих атомов: следующая таблица скопирована с "Новой системы": А представляет атом квасцов; В — атом нитрата алюминия; С - хлорида бария; D - нитрата бария; E - хлорида кальция; F - нитрата кальция; G - сульфата кальция; H - карбоната калия; I - поташа; и K - атом соды.

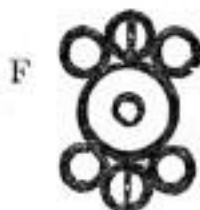
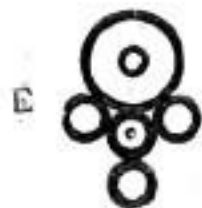
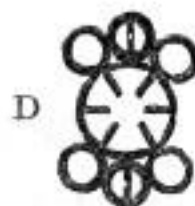
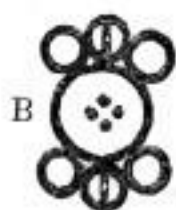
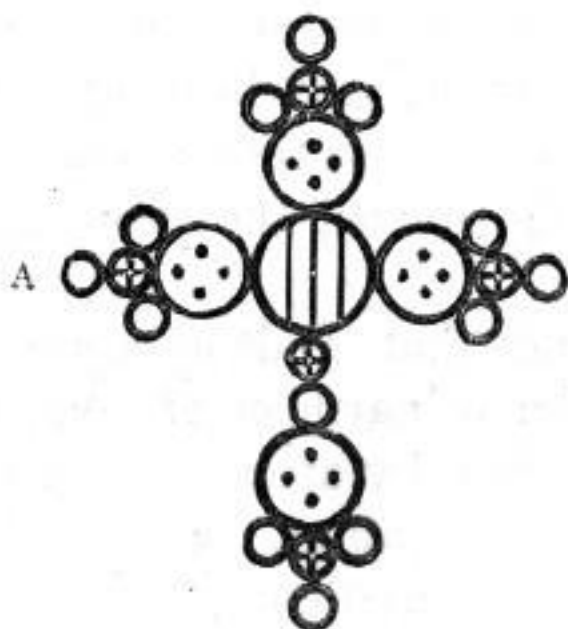


Рис. 3.

Но я думаю, что если мы рассмотрим это применение термина "атом" как к элементам, так и к соединениям, мы увидим возражения против него. Когда атом соединения разделяется, образующиеся таким образом более мелкие частицы сильно отличаются по химическим свойствам от атома, который только что был разделен. Мы можем, если захотим, предположить, что атом элемента мог бы быть разделен подобным образом и что продукты этого деления отличались бы от элементарных атомов; но такое разделение элементарного атома на самом деле еще не было выполнено, если только мы не отнесем к элементам такие вещества, как поташ и сода, которые в течение многих лет повсеместно считались элементами, и считались так справедливо, потому что они не подвергались разложению. Таким образом, в номенклатуре Дальтона термин "атом" применяется одинаково к маленькой частице с определенными свойствами, которая, как известно, делится на более мелкие частицы, каждая из которых обладает свойствами, отличными от свойств неделимой частицы, и к маленькой частице, которая, насколько нам известно, не может быть разделена на какую-либо частицу, меньшую, чем она сама, или отличную от нее самой.

Тем не менее, для победы атомной теории было необходимо, чтобы она применялась как к элементам, так и к соединениям. До тех пор, пока не будет получено четкое представление и выражено точным языком о различиях в структуре элементарных частиц соединений и элементов, возможно, было бы лучше применять термин "атом" к обоим одинаково.

Эти две трудности — (1) трудность придания термину "атом" точного значения, применимого как к элементам, так и к соединениям, и (2) трудность определения количества элементарных атомов в атоме данного соединения и, следовательно, определения относительного веса самих элементарных атомов — на протяжении многих лет были камнями преткновения на пути сторонников дальтоновской теории.

Очень большая трудность ясного понимания полного значения предложенной Дальтоном теории становится очевидной, когда мы узнаем, что в течение трех лет после публикации части I. "Новой системы" факты были обнародованы французским химиком Гей-Люссаком, а истинная интерпретация этих фактов была обнародована итальянским химиком Авогадро, и этих фактов и интерпретации было достаточно, чтобы устранить обе трудности, о которых я только что упомянул; но, тем не менее, только в течение последних десяти или пятнадцати лет истинное значение фактов, установленных Гей-Люссаком, и интерпретация, данная Гей-Люссаком. Авогадро получили всеобщее признание.

В 1809 году Гей-Люссак в мемуарах о соединении газообразных тел доказал, что газы химически соединяются в простых пропорциях по объему и что объем продукта всегда находится в простом соотношении с объемами соединяющихся газов. Таким образом, он показал, что два объема водорода соединяются с одним объемом кислорода, образуя два объема водяного пара; что один объем азота соединяется с тремя объемами водорода, образуя два объема газообразного аммиака, и так далее. Теперь, поскольку элементы объединяют атом за атомом, веса этих объединенных объемов элементов должны представлять собой относительные веса атомов одних и тех же элементов.

В 1811 году Авогадро провел различие между конечными частицами соединений и элементами. Предположим, что газообразный элемент А соединяется с другим газообразным элементом В с образованием газообразного соединения С; затем Авогадро предположил, что маленькие частицы А и маленькие частицы В (атомы Дальтона) расщепляются, каждая на две или более

меньших частицы, и что эти меньшие частицы затем объединяются вместе, образуя частицы соединения С. Более мелкие частицы, образующиеся при расщеплении элементарного атома Дальтона, рассматривались Авогадро как идентичные по свойствам, но эти очень маленькие частицы не могли существовать в несвязанном виде ни друг с другом, ни с очень маленькими частицами какого-либо другого элемента. Когда атом соединения разлагается, Авогадро представлял себе этот атом как расщепляющийся на более мелкие частицы двух, трех или более различных видов, в зависимости от того, содержало ли соединение два, три или разные элементы.

Перед мысленным взором Авогадро предстал элементарный газ, состоящий из множества маленьких частиц, каждая из которых в миниатюре демонстрирует все свойства газа. Газ мог быть нагрет, или охлажден, или иным образом физически изменен, но каждая из маленьких частиц оставалась нетронутой; однако в тот момент, когда этот газ смешивался с другим, с которым он мог химически реагировать, эти маленькие частицы расщеплялись на более мелкие части, но поскольку полученные таким образом более мелкие части не могли существовать в таком состоянии, они захватывали соответствующие очень маленькие части другого газа, и таким образом образовывалась частица составного газа.

Авогадро изобразил сложный газ как также состоящий из мелких частиц, каждая из которых демонстрирует в миниатюре свойства газа и каждая остается неразложенной, когда газ подвергается только физическим воздействиям; но когда газ химически разлагается, каждая маленькая частица расщепляется, но образовавшиеся таким образом очень мелкие части, каждая из которых является частицей элементарного вещества, продолжают существовать и могут быть распознаны по известным свойствам этого элемента.

Мельчайшей частице любого вещества (элементарного или составного), которая проявляет свойства этого вещества и которую нельзя разделить на части без разрушения этих свойств, мы теперь даем название *молекула*.

Молекула сама по себе является структурой. Он состоит из частей; каждую из этих частей мы теперь называем *атомом*. Молекула соединения, конечно, состоит из атомов элементов, образующих это соединение. Молекула может содержать два, три или более непохожих атома. Молекула элемента состоит из атомов этого элемента, и предполагается, что все эти атомы одинаковы. Мы не можем получить элементарные атомы и исследовать их, но у нас есть большая масса свидетельств в пользу точки зрения, согласно которой молекула элемента состоит из частей, каждая из которых весит меньше самой молекулы.

Изучающий физику или химию теперь считает, что если бы очень небольшое количество газа (скажем, аммиака) или каплю жидкости (скажем, воды) увеличить примерно до размеров земли, он увидел бы перед собой огромную кучу частиц аммиака или воды, каждая из которых проявляет все свойства, по обладанию которыми он сейчас отличает аммиак или воду от всех других видов материи. Он считает, что должен видеть эти частицы в движении, каждая из которых быстро перемещается с места на место, иногда сталкиваясь с другой, иногда пересекая значительное пространство, не сталкиваясь ни с одной другой. Но изучающий пытается еще глубже проникнуть в природу вещей. С точки зрения химика, эти частицы почти непостижимой мельчайшей величины сами состоят из более мелких частиц. Как существует архитектура масс, так существует и архитектура молекул. Водород и кислород смешиваются; химик видит, как молекулы каждой из них в их нескончаемом танце движутся туда-сюда среди молекул другой, но

каждая молекула сохраняет свою идентичность; через смесь проходит электрическая искра, и почти мгновенно он видит, как каждая молекула водорода расщепляется на две части, а каждая молекула кислорода - на две части, а затем он видит, как эти части молекул, эти атомы соединяются, пара атомов водорода с атомом кислорода образуют составные молекулы воды.

Гипотеза Авогадро дала химику определение "молекулы"; она также дала ему определение "атома".

Очевидно, что, сколько бы атомов данного элемента ни было в той или иной составной молекуле, не может существовать соединения этого элемента, содержащего менее одного атома рассматриваемого элемента; следовательно, атом элемента - это наименьшее количество этого элемента в молекуле любого его соединения.

Итак, мы вернулись к первоначальной гипотезе Дальтона; но мы расширили и модифицировали эту гипотезу — мы различили два порядка малых частиц, молекулу (соединения или элемента) и атом (элемента). Соединению двух или более элементов в настоящее время считается, что ему предшествует разложение молекул этих элементов на атомы. Мы определили молекулу и мы определили атом, но прежде чем мы сможем определить относительные веса элементарных атомов, мы должны иметь средство определения относительных весов сложных молекул. Старая трудность все еще стоит перед нами — как мы можем определить количество элементарных атомов в молекуле данного соединения?

Тот же самый натуралист, который обогатил химическую науку открытием молекулы как отличной от атома, дал в руки химиков инструмент для определения относительного веса молекул, а следовательно, и относительного веса атомов.

Великое обобщение, обычно известное как *закон Авогадро*, гласит: *"Равные объемы газов, измеренные при одинаковой температуре и под одинаковым давлением, содержат равное количество молекул."*

Гей-Люссак пришел к выводу, что "равные объемы газов содержат равное количество атомов"; но этот вывод был отвергнут, и справедливо отвергнут Дальтоном, который, однако, в то же время отказался признать, что существует простая зависимость между объединяющимися объемами элементов. Однако обобщение Авогадро выдержало проверку экспериментом и теперь принимается как один из фундаментальных "законов" химической науки.

Как и сама атомная теория, закон Авогадро является результатом физической работы и физических рассуждений. В последние годы великие естествоиспытатели Клаузиус, Гельмгольц, Джоуль, Рэнкин, Клерк Максвелл и Томсон разработали физическую теорию молекул и показали, что закон Авогадро может быть выведен как необходимое следствие из нескольких простых физических допущений. Таким образом, этот закон был возведен из чисто эмпирического обобщения в ранг вывода из широкой, но простой физической теории.

Теперь, если "равные объемы газов содержат равное количество молекул", то отсюда следует, что отношение плотностей любых двух газов также должно быть отношением весов молекул, составляющих эти газы. Таким образом, данный объем водяного пара весит в девять раз больше, чем равный объем водорода; следовательно, молекула газообразной воды в девять раз тяжелее молекулы водорода. Следовательно, достаточно принять эталонный показатель

молекулярных масс, и закон Авогадро дает возможность определить, во сколько раз любая газообразная молекула тяжелее стандартной молекулы.

Но рассмотрим комбинацию газообразного элемента с водородом; возьмем случай водорода и хлора, которые соединяются с образованием газообразной соляной кислоты, и определим объемы соединяющихся элементов и объем продукта. Вот краткое изложение результатов: один объем водорода соединяется с одним объемом хлора, образуя два объема соляной кислоты. Предположим, что в одном объеме водорода находится любое количество молекул, какое нам заблагорассудится, — скажем, десять, — по закону Авогадро в одном объеме хлора также должно быть десять молекул; но поскольку объем образующейся соляной кислоты вдвое превышает объем либо водорода, либо хлора, которые соединились, чтобы ее образовать, из этого следует, по тому же закону, что двадцать молекул соляной кислоты образовались в результате соединения десяти молекул водорода с десятью молекулами хлора. Необходимый вывод состоит в том, что каждая молекула водорода и каждая молекула хлора разделились на две части и что каждая полумолекула (или атом) водорода объединилась с одной полумолекулой (или атомом) хлора с образованием одной составной молекулы соляной кислоты.

Следовательно, мы заключаем, что молекула водорода состоит из двух атомов и что молекула хлора также состоит из двух атомов; и поскольку водород должен быть нашим стандартным элементом, мы говорим, что если атом водорода весит единицу, то молекула того же элемента весит две.

Теперь легко найти *молекулярную массу* любого газа; нужно только найти, во сколько раз данный газ тяжелее водорода, причем вес последнего принимается равным 2. Таким образом, кислород в шестнадцать раз тяжелее водорода, но $1:16 = 2:32$, следовательно, молекула кислорода в тридцать два раза тяжелее молекулы водорода. Аммиак в восемь с половиной раз тяжелее водорода, но $1:8\frac{1}{2} = 2:17$, следовательно, молекула аммиака в семнадцать раз тяжелее молекулы водорода. Это то, что мы более кратко выражаем, говоря "молекулярная масса кислорода равна 32" или "молекулярная масса аммиака равна 17" и т.д., и т.п.

Теперь мы хотим определить *атомный вес* кислорода; то есть мы хотим найти, во сколько раз атом кислорода тяжелее атома водорода. Мы пользуемся законом Авогадро и выведенным из него определением "атома" (см. стр. 142).

Мы знаем, что восемь весовых частей кислорода соединяются с одной весовой частью водорода, образуя воду; но мы не знаем, содержит ли молекула воды по одному атому каждого элемента, или два атома водорода и один атом кислорода, или какую-то другую комбинацию этих атомов (см. стр. 131). Но путем испарения воды и взвешивания полученного таким образом газа мы обнаруживаем, что водяной пар в девять раз тяжелее водорода: теперь $1:9 = 2:18$, следовательно, молекулярная масса водяного газа равна 18. Анализ показывает нам, что восемнадцать весовых частей водяного газа содержат шестнадцать частей кислорода и две части водорода; иными словами, теперь мы знаем, что в молекуле водяного газа два атома водорода соединены с шестнадцатью весовыми частями кислорода. Теперь мы приступаем к анализу и определению молекулярных масс как можно большего количества газообразных соединений кислорода, которые мы можем получить. Результатом всего этого является то, что нам пока не удалось получить ни одного такого соединения, в молекуле которого кислорода было бы менее шестнадцати весовых частей. В некоторых из этих молекул содержится

шестнадцать, в некоторых - тридцать две, в некоторых - сорок восемь, в некоторых - шестьдесят четыре весовые части кислорода, но ни в одной из них нет менее шестнадцати весовых частей этого элемента. Следовательно, мы приходим к выводу, что атомный вес кислорода равен 16, потому что это наименьшее количество, обозначаемое водородом, принимаемым за 1, которое до сих пор было обнаружено в молекуле любого соединения кислорода.

Вся работа, сделанная с момента публикации "Новой системы" Далтона, подчеркнула важность замечания этого химика о том, что нельзя сделать надежный вывод относительно значения атомного веса элемента, кроме как на основе рассмотрения многих соединений этого элемента с другими элементами. Но в законе Авогадро мы имеем гораздо более точный и заслуживающий доверия метод определения молекулярных масс соединений, чем любой другой, который Дальтон смог разработать, изучая химические сочетания.

Таким образом, мы получили более четкое представление об "атоме", чем обычно было у химиков во времена Дальтона, и этого мы добились, введя дальнейшее представление о "молекуле" как о количестве вещества, отличном от атома и все же подобном ему.

Задача, стоящая сейчас перед нами, по большей части будет состоять в том, чтобы проследить дальнейшее развитие фундаментальной концепции Дальтона, концепции, согласно которой каждое химическое вещество состоит из небольших частей, обладающих всеми свойствами целого, кроме массы; и — чем мы также обязаны Дальтону — применением этой концепции для объяснения фактов химического сочетания.

Обстоятельства ранней жизни Далтона вынудили его в значительной степени полагаться на свои собственные усилия по приобретению знаний; и его решимость не принимать факты из вторых рук, а приобретать их самостоятельно очень заметна на протяжении всей его жизни. В предисловии ко второй части "Новой системы" он говорит: "Будучи в своем развитии так часто сбитым с толку, принимая как должное результаты других, я решил писать как можно меньше, кроме того, что я могу подтвердить своим собственным опытом".

Мы не должны ожидать, что такой человек, как этот, будет широко пользоваться книгами; один из его друзей рассказывает нам, что слышал, как он публично заявлял, что может нести свою библиотеку на спине, и все же не прочитал и половины составляющих ее книг.

Любовь к исследованиям, которая характеризовала Далтона в молодости, естественно, усилилась бы благодаря такому течению интеллектуальной жизни. Насколько сильным стало это желание исследовать все самому, забавно иллюстрирует история, рассказанная его медицинским консультантом, доктором Рэнсомом. Однажды, когда Далтон страдал от простуды, доктор Рэнсом прописал ему порошок Джеймса и, обнаружив на следующий день, что его пациенту намного лучше, поздравил себя и Далтона с хорошим действием лекарства. "Я не очень понимаю, как это может быть, - сказал Далтон, - поскольку я хранил порошок до тех пор, пока у меня не появилась возможность проанализировать его".

По мере того как Далтон становился старше, он стал более чем когда-либо не склонен доверять результатам, полученным другими натуралистами, даже когда признавалось, что эти люди превосходят его в манипулятивном и экспериментальном мастерстве. Таким образом, как мы уже узнали, его нельзя было заставить признать истинность экспериментально установленного

закона Гей-Люссака относительно соединений газов; он предпочитал приписывать результаты Гей-Люссака ошибкам эксперимента. "Я полагаю, истина в том, что газы не объединяются в равных или точных количествах ни в одном конкретном случае; когда кажется, что они это делают, это происходит из-за неточности наших экспериментов".

То, что Дальтон не занимал высокого положения как экспериментатор, очевидно из множества фактических ошибок, которые можно найти во второй части его "Новой системы". Ярким примером его неточности в чисто экспериментальной работе является приведенное им предполагаемое доказательство того, что древесный уголь, нагретый до красноты, не поглощает газы. Он сильно нагрел некоторое количество древесного угля, измельчил его в порошок и поместил во флорентийскую колбу, которая была соединена с помощью запорного крана с баллоном, наполненным углекислотой: через неделю он обнаружил, что колба и ее содержимое незначительно увеличились в весе, и пришел к выводу, что углекислота не была поглощена древесным углем. Но достоверного результата нельзя было получить из эксперимента, в котором древесному углю, лишенному воздуха при нагревании, снова давали впитывать воздух путем измельчения в открытом сосуде, а затем помещали в колбу, наполненную воздухом, причем сообщение между углекислотой и внешним воздухом предотвращалось только куском баллона, материала, который легко пропускает газы.

Далтон использовал метод, который может привести к заметным результатам в естествознании только в том случае, если им пользуется действительно великий мыслитель; он собрал несколько фактов, а затем обдумал их значение. Почти в начале каждого расследования он пытался прийти к какому-нибудь определенному обобщению, а *затем* приступал к накоплению специальных фактов. Целью, которую он ставил перед собой в своей экспериментальной работе, было установить или опровергнуть ту или иную гипотезу. Каждый эксперимент проводился с четко поставленной целью. Он даже был готов допустить большую погрешность эксперимента, если бы таким образом мог привести результаты в соответствие со своей гипотезой.

То, что *закон множественных пропорций* является просто обобщением фактов и может быть сформулирован отдельно от атомной теории, в настоящее время общепризнано. Но, по мнению Дальтона, этот закон, по-видимому, возник скорее как дедукция из теории атомов, чем как обобщение, полученное в результате экспериментов. Он, конечно, всегда излагал этот закон на языке атомной теории. Во время одной из своих пеших экскурсий он объяснил свою теорию другу и, изложив свои взгляды на сочетания атомов, сказал, что приведенные им примеры показывают необходимое существование принципа множественных пропорций: "Ты знаешь, что это должно быть так, ибо ни один человек не может расщепить атом". Мы видели, что карбюрированный водород был одним из соединений, на результатах анализа которых он построил свою атомную теорию; однако мы находим, что он говорит о строении этого соединения, что "по-видимому, не было сформировано правильного представления, пока атомная теория не была введена и применена в исследовании".

Когда Далтон размышлял о законах химического соединения, французский химик М. Пруст опубликовал анализ оксидов металлов, в котором доказал, что когда металл образует два окиси, количество металла в каждом из них является фиксированной величиной - происходит как бы внезапный скачок от одного оксида к другому. Иногда нам говорят, что на основе этих экспериментов Пруст распознал бы закон множественных пропорций, если бы только его

анализ был более точным; но мы знаем, что анализы Далтона были очень неточными, и все же он не только распознал закон множественных пропорций, но и выдвинул и обосновал атомную теорию. В естествознании требуется нечто большее, чем правильная система ведения бухгалтерского учета и балансирования счетов. Экспериментальные результаты Дальтона привели бы в отчаяние систематического аналитика, но из них гений Дальтона развил ту великолепную теорию, которая так много сделала для продвижения точного исследования природных явлений.

Вероятно, нельзя было найти большего контраста между методами работы, которые оба приводят к получению научных (то есть точных и выверенных) результатов, чем тот, который существует между методом Дальтона и методом Пристли.

Пристли приступал к своим экспериментам без какой-либо определенной цели; иногда он хотел развлечь себя, иногда думал, что может наткнуться на важное открытие, иногда любопытство подталкивало его к экспериментам. Когда он получал факты, он не делал глубоких обобщений; он довольствовался интерпретацией своих результатов с помощью господствующей теории своего времени. Но каждый новый факт только подстегивал его к новым вторжениям в области Природы. Далтон много и глубоко размышлял; его экспериментально установленные факты были для него символами невидимых сил. Он использовал факты так, как, по словам Гоббса, мудрец использует слова: они были всего лишь его фишками, а не деньгами.

Когда мы спрашиваем, как получилось, что Дальтон приобрел свою великую способность проникать под поверхность вещей и находить общие законы, мы должны частично приписать эту способность обучению, которое он получил в области физических наук. Именно на основе рассмотрения физических фактов он пришел к концепции элементарных частиц определенного веса. Его метод был по существу динамическим; то есть он представлял газ как массу маленьких частиц, каждая из которых воздействовала на другие частицы и была подвергнута воздействию со стороны них. Частицы все равно не были сброшены вместе; между ними существовали определенные силы. Каждый элементарный или составной газ изображался как система маленьких частиц, и свойства этого газа рассматривались как зависящие от природы и расположения этих частиц. Подобная концепция могла быть достигнута только осторожным и глубоким мыслителем, сведущим в методах физической и математической науки. Таким образом, мы видим, что, хотя Дальтон, по-видимому, получил свои великие химические результаты методом, который мы обычно не склонны рассматривать как метод естествознания, все же именно благодаря его тщательной подготовке в отрасли знаний, которая имеет дело с фактами, а также в той науке, которая выводит частные заключения из общих принципов, он смог внедрить свои плодотворные концепции в химическую науку.

Мне кажется, что Далтон в высшей степени отличался богатым воображением. Он сформировал четкие ментальные образы явлений, которые он изучал, и эти образы он смог объединить и видоизменить так, что в результате получился новый образ, содержащий в себе все существенные части каждой отдельной картины, которую он сформировал ранее.

Из-за его глубокой преданности занятиям наукой развитие общего характера Далтона, по-видимому, было несколько затуманено. Хотя он обладал воображением, это было воображение скорее натуралиста, чем человека широкой культуры. Возможно, именно недостаток широких симпатий заставил его так безоговорочно доверять своей собственной работе и с такой

готовностью не доверять работам других, и, более того, это сбило его с пути истинного во многих его чисто экспериментальных исследованиях.

Далтон начал свою химическую работу примерно через шесть лет после смерти Лавуазье. В отличие от этого великого философа, его не интересовала политическая жизнь. Друзья, в семье которых он провел большую часть своей жизни в Манчестере, так и не смогли сказать, был ли он вигом или тори. В отличие от Пристли, он был доволен тем, что оставил метафизические и теологические спекуляции в покое. В своей тихой преданности учебе он больше походил на Блэка, а в своем методе, который был более дедуктивным, чем тот, который обычно используется в химии, он также напоминал эдинбургского профессора. С самых ранних дней приученный полагаться на самого себя, воспитанный в вере Друзей без предрассудков, он приступил к делу своей жизни без особых предубеждений, хотя и без особого глубокого знания того, что было сделано до него. Силой своего проникновения в Природу и сосредоточенностью своей мысли он отдернул завесу, которая висела между видимым и невидимым; и в то время как Гершель, обшаривая небеса своим телескопом и ночь за ночью открывая новые миры в сфере знаний, поражал умы людей новыми концепциями бесконечно великого, Джон Дальтон, обладая такой же силой воображения, исследовал архитектуру элементарных частиц материи и открывал существование закона и порядка в области бесконечно малого.

СНОСКИ:

[7] Смотрите рис. 2, который скопирован с оригинала в "Новой системе химической философии" и иллюстрирует концепцию Дальтона о количестве углекислого газа, каждый атом которого состоит из одного атома углерода и двух кислорода; газообразной закиси азота, каждый атом которой состоит из одного атома азота и одного кислорода; и газообразного водорода, состоящего из отдельных атомов.

[8] Более точный анализ показал, что в этих соединениях шесть частей углерода соединены соответственно с одной и двумя весовыми частями водорода.



ГЛАВА IV.

УСТАНОВЛЕНИЕ ОБЩИХ ПРИНЦИПОВ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ (продолжение) — ПЕРИОД ДЭВИ И БЕРЦЕЛИУСА.

Хамфри Дэви, 1778-1829. Johann Jacob Berzelius, 1779-1848.

Мы можем приблизительно датировать период химического прогресса, в течение которого были признаны и изучены связи между химией и другими отраслями естественных знаний, как начавшийся с первого года нашего столетия и продолжающийся до наших дней.

Разработка атомной теории активно велась во втором и третьем десятилетиях нашего столетия; этому в значительной степени способствовал труд шведского химика Берцелиуса.

То, что между химией и электротехникой существует множество точек тесной связи, было также продемонстрировано работами того же химика и блестящими и впечатляющими открытиями сэра Хамфри Дэви.

Теми же великими натуралистами была создана система классификации химических элементов и соединений, и было сделано много открытий в области химии тел животного и растительного происхождения.

Работа Берцелиуса и Дэви, характеризующаяся основательностью, ясностью и определенностью, принадлежит, по сути, современной эпохе химического прогресса; но я думаю, что мы лучше сохраним непрерывность нашего повествования, если посвятим главу рассмотрению работ этих двух знаменитых натуралистов, прежде чем перейти к нашему обзору времени, непосредственно предшествующего настоящему, в качестве типичных работников которого я выбрал Либиха и Дюма.

В последней главе мы обнаружили, что основы атомной теории были заложены Дальтоном, а сама теория была применена к общим проблемам химического синтеза. Давая в этой главе краткий обзор современной молекулярной теории и пытаясь объяснить значение термина "молекула" в отличие от "атома", я неизбежно перенес читателя во времена, значительно более поздние, чем первое десятилетие нынешнего столетия. Теперь мы должны вернуться к нашим шагам; и, внимательно изучая отчет о работе Берцелиуса и Дэви, приведенный в настоящей главе, читатель должен постараться создать в своем уме концепцию атома, аналогичную ментальной картине, сформированной Дальтоном (см. стр. 135, 136); он должен рассматривать этот термин как применимый как к элементу, так и к соединению; он должен помнить, что работа, которую он читает, является работой тех, кто стремится к ясному представлению об атоме и кто постепенно поднимается к признанию существования более чем одного порядка малых частиц, к пониманию того, что они состоят из атомов. регулярное соединение, из которого состоят массы материи.

Насколько мне известно, не существует материалов, из которых можно было бы построить жизнеописание Берцелиуса. Поэтому я должен довольствоваться простым перечислением наиболее важных моментов в его жизни. К счастью, множество подробностей о его химических исследованиях можно найти в его собственном "Lehrbuch", а также в работах и бумагах его самого и его современников.

Иоганн Якоб Берцелиус был сыном школьного учителя из Веферсунды, деревни недалеко от Линчепинга, в Восточном Готланде, Швеция. Он родился в августе 1779 года — то есть через несколько лет после открытия Пристли кислорода; в то время, когда Лавуазье почти завершил свою теорию горения; когда Дальтон пытался держать в повиновении непокорную молодежь Иглсфилда; и когда Блэк, установив существование неподвижного воздуха и теорию скрытого тепла, был центральной фигурой в группе студентов, расширявших наши знания о природе в столице Шотландии.

Оставшись сиротой в возрасте девяти лет, юный Берцелиус воспитывался своим дедом, который, судя по всему, был образованным и здравомыслящим человеком. После окончания школы в Линчепинге он поступил в Университет Упсалы на медицинский факультет. Здесь он вскоре начал проявлять интерес к химии. Похоже, что в то время профессор химии в Упсале почти не вводил экспериментов в свои лекции; проведение химических экспериментов мало поощрялось, и поэтому Берцелиусу пришлось полагаться на свой собственный труд в получении знаний о практической химии. Добившись, таким образом, значительных успехов в химии и посетив минеральные ванны Медеви, он воспользовался возможностью провести очень тщательный анализ вод этого места, которые были известны в Швеции своими целебными свойствами. Публикация этого анализа знаменует первое появление Берцелиуса в качестве автора.

Он получил степень магистра в 1801 году, а год или два спустя представил свою диссертацию, озаглавленную "Действие гальванизма на органические тела", в качестве диссертации на соискание степени доктора медицины. Этот тезис, как и тезис Блэка, опубликованный примерно полвеком ранее, знаменует важный этап в истории химии. Эти и другие публикации сделали молодого врача знаменитым; его вызвали в Стокгольм на должность экстраординарного (или ассистентского) профессора химии в медицинской школе этой столицы.

Иногда занимаясь медициной, чтобы пополнить свой ограниченный доход, но по большей части занимаясь химическими исследованиями, он оставался в Стокгольме почти пятьдесят лет, большую часть этого времени лаборатория Берцелиуса в шведской столице считалась одним из магнитных полюсов химического мира. К этому моменту пришли многие великие химики, которые впоследствии обогатили науку своими открытиями. Велер, Х. и Г. Роуз, Магнус, Гмелин, Мичерлих и другие - все они учились у Берцелиуса. Он посетил Англию и Францию, поддерживал близкие отношения и переписку с Дэви, Дальтоном, Гей-Люссаком, Бертолле и другими людьми, которые в тот период пролили такой свет на английскую и французскую науку.

Говорят, что Берцелиусу так понравились лекции доктора Марсе в больнице Гая, что по возвращении из поездки в Англию в 1812 году он внес в свои собственные лекции гораздо больше живости и экспериментальных иллюстраций.

В возрасте тридцати одного года Берцелиус был избран президентом Стокгольмской академии наук; несколько лет спустя он был избран иностранным членом Королевского общества, которое в 1836 году наградило его медалью Копли. Король Швеции возвел его в ранг барона, разрешив в качестве особой привилегии сохранить свое собственное имя.

В 1832 году Берцелиус оставил профессорскую должность и в том же году женился. До конца своей жизни он продолжал получать всевозможные почести, но ни на минуту не оставлял пути

науки. После смерти Дэви в 1829 году он был признан ведущим европейским химиком своего времени; но, хотя он был тверд в своих собственных теоретических взглядах, он был готов проверить эти взгляды, обратившись к Природе. Само упорство, с которым он цеплялся за концепцию, основанную на какой-то прочной экспериментальной основе, гарантировало, что исследования тех химиков, которые выступали против него, прольют на эту концепцию новый свет.

Вероятно, ни один химик не добавил к науке столько тщательно установленных фактов, как Берцелиус; он всегда был за работой в лаборатории и всегда работал с величайшей осторожностью. Однако приборы, находившиеся в его распоряжении, были тем, что мы сейчас назвали бы плохими, скудными и совершенно неадекватными. Профессор Велер из Геттингена, который в расцвете сил и почестей так недавно покинул нас, недавно рассказал о своем визите к Берцелиусу в 1823 году. Велер получил степень доктора медицины в Гейдельберге, и, стремясь продолжить изучение химии, друзья посоветовали ему провести зиму в лаборатории шведского профессора. Написав Берцелиусу и узнав, что он готов предоставить ему рабочее место в своей лаборатории, молодой студент отправился в Стокгольм. После поездки в Любек и нескольких дней плавания на небольшом паруснике он прибыл в столицу Швеции.

Постучав в дверь дома, на который указано, что это дом Берцелиуса, он рассказывает нам, что его сердце сильно забилося, когда дверь открыл высокий мужчина с румяным лицом. "Это был сам Берцелиус", - восклицает он. Едва веря, что находится в той самой комнате, где было сделано так много знаменитых открытий, он вошел в лабораторию. Не было видно ни воды, ни газа, ни вытяжек, ни духовок; пара простых столов, паяльная трубка, несколько полок с бутылками, маленький нехитрый прибор и большая бочка для воды, в которой Анна, старая повариха заведения, мыла лабораторную посуду, довершали убранство этой комнаты, известной во всей Европе своей работой, сделанной в ней. На примыкающей кухне, где готовила Анна, была небольшая печь и песчаная ванна для разогрева.

В этой комнате было сделано много великих открытий. Среди них мы можем отметить выделение элемента колумбия в 1815 году и селениона в 1818 году; открытие тория на новой Земле в 1828 году; выяснение свойств иттрия и церия около 1820 года, урана в 1823 году и платиновых металлов в 1828 году; точное определение атомных весов большего числа элементов; открытие "солей серы" в 1826-27 годах и доказательство того, что кремнезем является кислотой и что большинство "каменистых" минералов представляют собой соединения этой кислоты с различными основаниями. .

Но мы лучше поймем ценность некоторых из этих открытий, если сделаем общий обзор вклада в химическую науку человека, который большую часть своей жизни проработал в этой комнате в Стокгольме.

Немецкий химик Рихтер в первом или втором году нашего столетия обратил внимание на тот факт, что когда два нейтральных соединения, такие как нитрат калия и хлористая известь, вступают в химическую реакцию, вещества, образующиеся в результате этой реакции, также нейтральны. Весь поташ, соединенный с азотной кислотой в одной соли, меняется местами со всей известью, соединенной с соляной кислотой в другой соли; следовательно, сказал Рихтер, эти разные количества поташа и извести нейтрализуются одним и тем же количеством азотной кислоты; и, следовательно, эти количества поташа и извести химически *эквивалентны*, потому что это количества, которые осуществляют одну и ту же реакцию, а именно. нейтрализация

фиксированного количества кислоты. Если бы затем был проведен тщательный анализ ряда таких нейтральных соединений, как названные, можно было бы вычислить эквиваленты всех более распространенных "оснований" и "кислот"[9].

Собственные определения Рихтером эквивалентов кислот и оснований были не очень точными, но Берцелиус был впечатлен важностью этой работы. За год до появления "Новой системы" Дальтона (*т.е.* в 1807 году) он начал готовить и тщательно анализировать серии нейтральных солей. По ходу работы он познакомился с теорией Дальтона и сразу понял ее чрезвычайную важность. Некоторое время Берцелиус продолжал работать в русле, изложенном Дальтоном, и накапливать данные, на основе которых можно было бы рассчитать атомные веса элементов; но вскоре он понял — как с самого начала понял основатель теории, — что фундаментальная концепция каждого атома элемента как отдельной массы вещества, весящей больше или меньше, чем атом любого другого элемента, и каждого атома соединения как состоящего из атомов элементов, составляющих это соединение, — Берцелиус, я говорю, понял, что эти концепции должны оставаться бесплодными, если не будут найдены средства. найден для определения количества элементарных атомов в каждом составном атоме. Мы уже изучили правила, сформулированные основателем атомной теории для его руководства в попытке решить эту проблему. Берцелиус считал эти правила недостаточными и произвольными; поэтому он установил два общих правила, руководствуясь которыми он проводил свои исследования в области химического синтеза.

"Один атом одного элемента соединяется с одним, двумя, тремя или более атомами другого элемента". Это практически то же самое, что определения Дальтоном бинарных, троичных и т.д. Соединений (стр. 132). "Два атома одного элемента соединяются с тремя и пятью атомами другого элемента". Здесь Берцелиус признает существование составных атомов более сложной структуры, чем любой из тех, которые были признаны Дальтоном.

Берцелиус еще больше расширил концепцию атома, применив ее к группам элементов, образованных, по его словам, комбинацией различных составных атомов. По его мнению, каждый составной атом представлялся состоящим из двух частей; каждая из этих частей могла быть элементарным атомом или сама могла состоять из нескольких элементарных атомов, однако в теории Берцелиуса каждая действовала как определенное целое. Что касается построения сложного атома, то каждая из двух частей, на которые этот атом мог быть разделен, действовала так, как если бы это был простой атом.

Если мы предположим, что на гладкую поверхность нанесено пятно двух оттенков красного цвета, а рядом с ним - пятно двух оттенков желтого цвета, и если мы предположим, что вся цветовая масса рассматривается с такого расстояния, что одно пятно кажется равномерно красным, а другое - равномерно желтым, мы получим грубую иллюстрацию берцелиева составного атома. Наблюдателю вся цветовая масса кажется состоящей из двух отчетливых пятен контрастирующих цветов; но стоит ему подойти ближе, и он увидит, что то, что казалось однородной поверхностью красного или желтого цвета, на самом деле состоит из двух пятен непохожих оттенков красного или желтого. Вся цветовая гамма представляет сложный атом; в широком смысле он состоит из двух частей — красный цвет представляет один из составляющих атомов, желтый цвет представляет другой составляющий атом; но при ближайшем рассмотрении красный атом, так сказать, — а также желтый атом — оказывается,

что они состоят из частей, которые менее непохожи друг на друга, чем весь красный атом непохож на весь желтый атом.

Нам придется более подробно рассмотреть рассуждения, с помощью которых Берцелиус пришел к этой концепции о каждом составном атоме как о *двойной* структуре (см. стр. 209-212). В настоящее время я хочу отметить, что эта концепция лежит в основе большей части работы, которую он проделал по расширению и применению дальтоновской теории. Я хочу настаивать на том факте, что атомная теория не могла бы развиваться без нахождения методов определения числа элементарных атомов в составном атоме, без получения четких представлений о каждом составном атоме как структуре и без хотя бы попыток изучить законы, в соответствии с которыми была построена эта структура. Прежде чем можно было определить атомный вес кислорода, необходимо было знать количество атомов кислорода и водорода в атоме воды; в противном случае все, что можно было сказать, это то, что атомный вес кислорода кратен 8. Берцелиус многое сделал для развития химической науки, введя и применяя несколько простых правил, с помощью которых он определял количество элементарных атомов в различных составных атомах. Но по мере развития науки и по мере того, как становилось известно все больше фактов, правила Берцелиуса оказались слишком узкими и произвольными; химики искали какой-нибудь более надежный и общеприменимый метод, чем тот, который ввел Берцелиус, и настоятельный спрос на этот метод, наконец, заставил их признать важность великого обобщения итальянского естествоиспытателя Авогадро, которым они владели с 1811 года, но значения которого они так долго не могли понять.

Берцелиус сделал большой шаг в направлении признания различия Авогадро между атомом и молекулой, когда он принял обобщение Гей-Люссака о том, что "равные объемы газов содержат равное количество атомов", но он отказался применять это к другим газам, кроме элементарных. Веса объемов элементарных газов, которые вместе взяты, были для Берцелиуса также весами атомов этих элементов. Таким образом, пусть вес одного объема водорода будет равен 1, тогда два объема водорода весом 2 соединяются с одним объемом кислорода весом 16, образуя два объема водяного пара; следовательно, сказал Берцелиус, атом воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода, и атом последнего элемента в шестнадцать раз тяжелее атома первого. Три объема водорода весом 3 соединяются с одним объемом азота весом 14, образуя два объема аммиака; следовательно, сказал Берцелиус, атом аммиака состоит из трех атомов водорода в сочетании с одним атомом азота, а атом азота в четырнадцать раз тяжелее атома водорода.

Пока Берцелиус применял эти правила к определению атомных весов элементов и проводил самую важную серию анализов, известных в анналах науки, было объявлено о двух великих физико-химических открытиях.

В 1818 году "*закон изоморфизма*" был сформулирован Мичерлихом: "Соединения, атомы которых содержат равное количество элементарных атомов, расположенных сходным образом, имеют одинаковую кристаллическую форму". Как указано таким образом, закон изоморфизма утверждает, что если два соединения кристаллизуются в одной и той же форме, атомы этих соединений состоят из одинакового количества элементарных атомов — какой бы разной ни была природа элементов в соединениях — и что эти элементарные атомы расположены сходным образом. Это утверждение вскоре было признано слишком абсолютным и соответственно модифицировано; но углубляться в историю закона изоморфизма значило бы

увести нас слишком далеко от великого главного пути химического прогресса, ход которого мы стремимся проследить.

Берцелиус сразу же принял закон Мичерлиха в качестве вспомогательного средства в своих исследованиях атомных весов. Помощь, которую можно извлечь из этого закона, может быть проиллюстрирована следующим образом: предположим, что были получены два соединения, демонстрирующие идентичность кристаллической формы; далее предположим, что известно число элементарных атомов в атоме одного из этих соединений; из этого следует, по закону изоморфизма, что известно также число элементарных атомов в атоме другого. Пусть двумя соединениями будут *сульфат калия* и *хромат калия*; пусть предполагается, что известно, что атом первого из названных веществ состоит из двух атомов калия, одного атома серы и четырех атомов кислорода; и что известно, что второе вещество представляет собой соединение элементов калия, хрома и кислорода; тогда атом второго соединения содержит, согласно закону Мичерлиха, два атома калия, один атом хрома и четыре атома кислорода: следовательно, относительный вес атома хромата калия может быть определен следующим образом: определяется, и, следовательно, также может быть определен относительный вес атома хрома.

Через год после объявления закона Мичерлиха двумя французскими натуралистами, Дюлонгом и Пети, было признано справедливым следующее обобщение: "Атомы всех твердых элементов обладают одинаковой способностью к выделению тепла".

Если количество тепла, необходимое для повышения температуры одной крупинки воды на один градус, называть *одной единицей тепла*, то теплоемкость любого тела, кроме воды, равна количеству единиц тепла, необходимому для повышения температуры одной крупинки этого вещества на один градус. Каждое химическое вещество, элементарное и составное, обладает своей собственной теплоемкостью; но вместо сравнения теплоемкости равных масс Дюлонг и Пети сравнили теплоемкость масс, представляющих массы атомов различных элементов. Таким образом, требуется равное количество тепла, чтобы за один и тот же интервал температур получить пятьдесят шесть гран железа, сто восемь гран серебра и шестьдесят три с половиной грана меди; но веса атомов этих трех элементов находятся в соотношении 56:108:63-1/2. Дюлонг и Пети основали свое обобщение на измерениях теплоемкости тринадцати элементов; дальнейшие исследования показали, что их утверждение, скорее всего, справедливо для всех твердых элементов. Таким образом, в руки химика был вложен важнейший инструмент.

Необходимо только, чтобы был определенно известен атомный вес одного твердого элемента и чтобы также было известно количество тепла, необходимое для повышения на один градус количества зерен этого элемента, выраженного его атомным весом; тогда число, выражающее вес в зернах любого другого твердого элемента, который повышается на один градус за счет того же количества тепла, аналогичным образом выражает относительный вес атома этого элемента. Таким образом, предположим, что известно, что атомный вес серебра равен 108, и предположим, что требуется шесть единиц тепла, чтобы повысить температуру ста восьми гран этого металла на один градус; затем предположим, что экспериментально установлено, что шести единиц тепла достаточно, чтобы повысить температуру двухсот десяти гран висмута на один градус, из этого следует — согласно закону Дюлонга и Пти — что атомный вес висмута равен 210.

Модифицированное обобщение Гей-Люссака — "Равные объемы *элементарных* газов содержат равное количество атомов"; законы "изоморфизма" и "атомной теплоты"; и два эмпирических правила, изложенные на стр. 163; — таковы были руководства, которыми Берцелиус руководствовался при интерпретации аналитических результатов, полученных им и его учениками в той памятной серии исследований, в ходе которых было показано, что концепции Дальтона применимы к широкому кругу химических явлений.

В настоящее время установлена неизменность состава химических соединений; термину "элемент" придано определенное значение; выработана концепция "атома", но многое еще предстоит сделать для уточнения этой концепции; и введены довольно хорошие, но не совсем удовлетворительные методы, с помощью которых можно определять относительные веса атомов элементов и соединений. В настоящее время химики заняты приготовлением и описанием новых соединений, а также открытием многих новых элементов; необходимость классификации начинает ощущаться все больше и больше.

Во времена Берцелиуса и Дэви были предприняты напряженные усилия по получению некоторых обобщений, с помощью применения которых многие известные элементы и соединения можно было бы разделить на группы. Было высказано мнение, что классификация могла бы быть основана на составе соединений или, возможно, на свойствах одних и тех же соединений. Эти два общих принципа служили ориентирами в большинстве проведенных тогда исследований; были найдены ответы на эти два вопроса: из каких элементов состоит это соединение? и что может делать это соединение; как оно реагирует на другие тела?

Лавуазье, как мы знаем, рассматривал кислород как характерный элемент всех *кислот*. Этот термин *кислота* подразумевает обладание всеми веществами, обозначаемыми им, каким-либо общим свойством; давайте вкратце проследим историю этого слова в химии.

Уксус был известен грекам и римлянам, и названия, которые они дали этому веществу, говорят нам о том, что кислинка была для них его характерным свойством. Они знали, что уксус шипит при контакте с меловыми частицами земли и что он способен растворять многие вещества — свидетелем истории о том, как Клеопатра выпила жемчужину, растворенную в уксусе. Другие вещества, обладающие этими свойствами, например, купоросное масло и соляной спирт, как их стали называть, были отнесены к одной категории с уксусом; но до сравнительно недавнего времени не предпринималось попыток четко определить свойства этих веществ.

Характеристики кислого вещества, перечисленные Бойлем, следующие: растворяющая способность, которая неодинаково действует на разные тела; способность превращать многие овощи из синих в красные и восстанавливать многие цвета овощей, которые были разрушены щелочами; способность осаждать твердую серу из растворов этого вещества в щелочах и способность воздействовать на щелочи с получением веществ, не обладающих свойствами ни кислоты, ни щелочи.

Но что, можно спросить, представляет собой щелочь, о которой так часто упоминает Бойль?

С самых ранних времен было замечено, что пепел, который остается при сжигании определенных растений, и жидкость, получаемая путем растворения этого пепла в воде, обладают огромной очищающей способностью; что они удаляют маслянистые вещества, жир и грязь с ткани и других материалов. Тот факт, что водный раствор этой золы влияет на окрашенные части многих растений, также был замечен в древности. По мере прогресса в

химических знаниях наблюдатели начали противопоставлять свойства золы этого растения свойствам кислот. Первые не имели выраженного вкуса, вторые всегда были очень кислыми; первые превращали некоторые овощи из красных в синие, вторые - из синих в красные; раствор растительной золы не оказывал сильного растворяющего действия на обычные минеральные вещества, тогда как это вещество обычно растворялось кислотой. Во времена алхимиков, которые всегда искали принципы или сущности вещей, эти свойства кислот приписывались *принципу кислотности*, в то время как свойства растительной золы и веществ, напоминающих растительную золу, приписывались *принципу щелочности* (от арабского *щелочь*, или зола).

В семнадцатом веке различие между кислотой и щелочью было положено в основу системы химической медицины. Два принципа кислотности и щелочности считались вовлеченными в активную и нескончаемую войну. Причина каждой болезни заключалась в чрезмерном преобладании того или иного из этих принципов; целью врача стало сохранение этих непокорных принципов в спокойствии, и, конечно, было необходимо, чтобы врач был химиком, чтобы он мог знать природу и привычки принципов, которые доставляли ему столько хлопот.

До этого времени термин "щелочь" применялся практически к любому веществу, обладающему свойствами, которые я только что перечислил; но Ван Гельмонт и его последователи разделили эту группу веществ на *неподвижную щелочь* и *летучую щелочь*, а неподвижную щелочь далее подразделили на *минеральную щелочь* (то, что мы сейчас называем содой) и *растительную щелочь* (поташ). Примерно в то же время кислоты были аналогичным образом разделены на три группы; *растительные*, *животные* и *минеральные кислоты*. К свойствам, по которым была выделена щелочь, а именно. Шталь (основатель теории флогистики) добавил очищающую силу и действие красителей растительного происхождения в сочетании с кислотами. Когда кислоту (то есть вещество с кислым вкусом, которое растворяет большинство землистых веществ и превращает овощи из синих в красные) добавляют к щелочи (то есть к веществу, которое на ощупь напоминает мыло, которое не растворяет многие землистые вещества и которое превращает многие овощи из красных в синие), свойства как кислоты, так и щелочи исчезают, и получается новое вещество, которое не характеризуется свойствами ни того, ни другого компонента. Новое вещество, как правило, не воздействует на землистые вещества или растительные красители; оно не кислое и не мылистое на ощупь, как щелочь; оно *нейтральное*. Это *соль*. Но, хотя Шталь утверждал, что щелочь — это вещество, которое соединяется с кислотой, только столетие спустя эти три вещества — щелочь, кислота, соль - были четко разграничены.

Но знание того, что определенная группа тел кисловата и растворяет минералы и т.д., и что определенная другая группа тел почти безвкусна и не растворяет минералы и т.д., Очевидно, было знанием только внешних свойств тел; это просто позволило применить термин к группе тел, и этот термин имел определенный оттенок.

Почему кислоты являются кислотными, и почему щелочи являются щелочными?

Кислоты являются кислотами, сказал Бехер (вторая половина семнадцатого века), потому что все они содержат один и тот же принцип, а именно: первичную кислоту. Эта первичная кислота в большей или меньшей степени смешана с землистым веществом во всех настоящих кислотах; она очень чиста в соляных спиртах.

Щелочи являются щелочными, говорил Бэзил Валентайн (начало шестнадцатого века), потому что они содержат особый вид материи, "материю огня".

Согласно другим химикам (например, J. F. Meyer, 1764), кислоты обязаны своей кислотностью присутствию острого или жгучего вещества, получаемого от огня.

Кислоты, щелочи и соли все содержат, согласно Шталю (начало восемнадцатого века), более или менее *первичную кислоту*. Чем больше этого вещества содержится, тем более кислым оно является; чем меньше его содержится, тем более щелочным оно является.

Все эти попытки объяснения признают, что сходные свойства должны быть прослежены до сходства состава; но утверждение о существовании "первичной кислоты" или "вещества огня", хотя, несомненно, было шагом вперед, не было достаточно определенным (если только оно не было дополнено отчетливым описанием свойств этих принципов), чтобы быть принятым, когда химические знания стали точными.

Тем же общим соображением, основанным на большом количестве фактов, а именно. что сходство свойств обусловлено сходством состава, руководствовался Лавуазье в своей работе о кислотах. Он обнаружил "первичную кислоту" Штalia и "принцип резкости" Мейера в элементе кислороде.

Я уже вкратце проследил (стр. 91) рассуждения, на основании которых Лавуазье пришел к выводу, что кислород является *продуцентом кислоты*; здесь я хотел бы подчеркнуть разницу между его методом и методом Бэзила Валентайна, Штalia и химиков старшего поколения. Они перенесли в область естественных наук концепции, полученные из области метафизических или внефизических спекуляций и по существу принадлежащие к ней; он сказал, что кислород является подкислителем, потому что все соединения этого элемента, которые он фактически исследовал, обладали свойствами, включенными в название кислота. Мы знаем, что вывод Лавуазье был ошибочным, что он не был основан на достаточно широкой базе фактов. Концепция подкисляющего принципа, хотя этот принцип отождествлялся с известным элементом, все еще была запятнана пороками алхимической школы. Мы сразу увидим, какой вред было нанесено утверждением Лавуазье: "Все кислоты содержат кислород".

В главе II (стр. 32-37) мы проследили прогресс знаний о щелочах с того времени, когда считалось, что свойства этих тел обусловлены наличием в них "огненной материи", до того времени, когда Блэк четко различил едкую щелочь и газированную щелочь.

Истинно философский характер Блэка и в то же время отсутствие энтузиазма становятся очевидными, если мы сравним его работу о щелочи с работой Лавуазье о кислоте. Блэк не препятствовал прогрессу химии, открыв "принцип щелочности"; но он также не дал полного объяснения того факта, что некоторые тела являются щелочными, в то время как другие - нет. Он поставил перед собой задачу точного определения различий в составе между обожженной (или едкой) и несгоревшей (или слабой) щелочью и решил эту задачу наиболее успешно. Он показал, что свойства слабых щелочей отличаются от свойств едких щелочей, потому что состав первых отличается от состава последних; и он точно показал, в чем заключается это различие в составе, а именно. в обладании или не обладании неподвижным воздухом.

Странно, что это открытие не побудило Блэка продолжить изучение едких щелочей: несомненно, он предвосхитил бы Дэви и был бы известен как первооткрыватель калия и натрия.

Во времена Штала название "соль" применялось, как мы узнали, к веществу, получаемому соединением кислоты со щелочью; но то же самое слово использовалось алхимиками в совершенно ином значении. Первоначально применительно к твердому веществу, полученному путем уваривания морской воды, а затем расширенное за счет включения всех веществ, которые, подобно этому твердому веществу, очень легко растворяются в воде и могут быть извлечены увариванием этого раствора, "соль" было в шестнадцатом и семнадцатом веках названием, данным одному из гипотетических принципов или элементов. Было известно, что многие виды веществ легко растворяются в воде; общее обладание этими свойствами пытались объяснить утверждением, что все эти вещества содержат один и тот же принцип, а именно *принцип соли*. Я уже пытался указать на причины, по которым Бойль так много сделал для опровержения этой концепции соли. Он также расширил наши знания об особых веществах, которые сейчас классифицируются как соли. Химики, пришедшие после Бойля, постепенно вернулись к старому значению термина "соль", приняв в качестве характеристик всех веществ, отнесенных к этому классу, легкую растворимость в воде, плавкость, а иногда и летучесть, и обладание вкусом, более или менее напоминающим вкус морской соли.

Вещества, которые по общему виду напоминали соли, но были нерастворимы в воде и очень прочны в огне, назывались "землями"; и, как это обычно делалось в те дни, предполагалось существование изначальной земли, большая или меньшая часть которой должна была присутствовать в настоящих землях. Это признание возможности того, что более или менее изначальная земля присутствовала на реально существующих землях, конечно, обусловило необходимость существования различных видов земли. Земли постепенно отличались друг от друга; известь была признана веществом, отличным от барита, барита - от глинозема и т.д.

Шталь учил, что одним из существенных свойств земли является плавкость при воздействии огня с образованием вещества, более или менее похожего на стекло. Этим свойством в значительной степени обладал кварц или диоксид кремния. Следовательно, диоксид кремния считался типичной землей, пока Берцелиус в 1815 году не доказал, что это кислота. Но земли напоминали щелочи, поскольку они тоже соединялись с кислотами и таким образом нейтрализовывали их.

Некоторые химики утверждали, что в каждой земле скрыта щелочь.

Щелочь - это земля, очищенная присутствием кислоты и горючих веществ, говорили другие.

Таким образом, Земли стали включаться в термин "щелочь", когда этот термин использовался в самом широком значении. Но немного позже было обнаружено, что некоторые из земель были извлечены в твердой форме из их растворов в кислотах при добавлении щелочей; это привело к тройному разделению, таким образом—

Земли	<—>	Щелочноземельные элементы	<—>	Щелочи
Нерастворимы в воде.		Слабо растворим в воде.		Хорошо растворим в воде.

Различие, первоначально проведенное между "землей" и "щелочью", было слишком абсолютным; промежуточная группа "щелочноземельных элементов" служила мостом через разрыв между крайними группами.

"В природе, - говорит Вордсворт, - все различно, но ничто не определено в абсолютное независимое единство".

Таким образом, на этой стадии развития считается, что земля отличается от щелочи тем, что она нерастворима или почти нерастворима в воде; тем, что не является мыльной на ощупь и не окрашивает овощи из красных в синие, но напоминает щелочь тем, что она соединяется с кислотой и нейтрализует ее; и продукт этой нейтрализации, независимо от того, осуществляется ли она щелочью или землей, называется солью. Земле или щелочи, являющейся основой, на которой строится соль, путем добавления кислоты, Руэль дал название *основание* в 1744 году.

Но, просматривая каждую концепцию, которая была сформирована об этих веществах — кислоте, щелочи, земле, соли, — мы обнаруживаем тенденцию, иногда ярко выраженную, иногда слабо обозначенную, но всегда присутствующую, рассматривать соль как термин, имеющий гораздо более широкое применение, чем любой другой. Кислота и щелочь, или кислота и земля, соединяются, образуя соль; но соль не могла бы быть получена таким образом, если бы кислота, щелочь и земля не содержали в себе некоторых свойств, которые в сочетании образуют свойства соли.

Кислота, щелочь, земля - все это, в некотором смысле, соль. Идеальная соль образуется в результате слияния солености кислоты с соленостью щелочи. Эта концепция находит полное выражение в названиях, когда-то широко использовавшихся: *sal acidum* для обозначения кислоты, *sal alkaline* для обозначения щелочи и *salsum* или *sal neutrum* для обозначения соли. Все это соли; на одном полюсе находится та соль, которая отмечена свойствами, называемыми кислотными свойствами, на другом полюсе находится соль, отличающаяся щелочными свойствами, а между ними и образованная их соединением находится средняя, или нейтральная, соль.

Таким образом, номенклатура химии отмечает успехи, достигнутые в этой науке. "Что в имени?" Для изучающего историю науки - почти все.

Мы увидим, насколько отличается значение, придаваемое в современной химии этим терминам: *кислотная соль*, *щелочная соль*, *нейтральная соль*, от того, которое наши предшественники придавали своей *соли ацидум*, *соленой щелочи* и *нейтронной соли*.

Мы должны отметить появление термина *купорос*, применяемого к твердым солеподобным телам, получаемым из кислот и характеризующимся стекловидным блеском. К середине прошлого века было признано, что все купоросы являются производными серной кислоты (купоросного масла) и металлов или состоят из них; это привело к подразделению большого класса нейтральных солей на (1) соли металлов, образующиеся при действии серной кислоты на металлы, и (2) нейтральные соли, образующиеся при действии земель или щелочей на кислоты в целом.

Руэлю, предшественнику Лавуазье, который умер за четыре года до открытия кислорода, мы обязаны многими точными и наводящими на размышления замечаниями и экспериментами, касающимися термина "соль". Я уже упоминал, что именно он применил слово "основание" к щелочи или земле, или это мог быть металл, из которого под действием кислоты образуется соль. Он также перестал называть кислоту *соленой ацидум* или щелочь *соленой щелочью* и применял термин "соль" исключительно к тем веществам, которые образуются при действии

кислот на основания. Когда продукт такого воздействия был нейтральным, то есть не имел кислого вкуса, ощущения мыла на ощупь, не влиял на цвет овощей и не действовал на кислоты или основания, он называл этот продукт *нейтральной солью*; когда продукт все еще проявлял некоторые свойства кислоты, *например*, кислинку на вкус, он называл это *кислотной солью*; и когда продукт продолжал проявлять некоторые свойства щелочи, *например*, окрашивал овощи из красных в синие, он называл это *щелочной солью*.

Руэль также экспериментально доказал, что кислотная соль содержит больше кислоты — относительно того же количества основания — чем нейтральная соль, и что щелочная соль содержит больше основания — относительно того же количества кислоты — чем нейтральная соль; и он доказал, что этот избыток кислоты или основания химически соединен с остальной частью соли — другими словами, является существенной частью соли, из которой его нельзя удалить без изменения свойств целого.

Но мы еще не выяснили, почему можно утверждать, что определенные качества, обозначаемые термином "кислота", принадлежат группе тел, почему некоторые другие, "щелочные" свойства принадлежат другой группе и почему третью группу можно отличить от обеих по наличию свойств, которые мы суммируем в термине "землистый". Несомненно, в составе этих веществ должна быть какая-то особенность, общая для всех, в силу которой все они являются кислотными. Атом кислоты, несомненно, состоит из определенных элементов, которые никогда не встречаются в атоме щелочи или земли; или, возможно, разница заключается в количестве, а не в природе элементов в атомах кислоты, или даже в расположении элементарных атомов в составном атоме кислоты, щелочи и земли.

Я думаю, что наши знания о соли сейчас более полны, чем о кислоте, щелочи или земле. Мы знаем, что соль образуется в результате соединения кислоты и щелочи или земли; следовательно, если мы узнаем состав кислот и оснований (*т.е.* щелочей и земель), мы будем на верном пути к познанию состава солей.

А теперь мы должны продолжить наш рассказ с того места, на котором мы его закончили, на стр. 176. Лавуазье признал кислород подкислителем; Блэк доказал, что едкая щелочь не содержит углекислоты.

До этого времени металлические кальции, а также по большей части щелочи и земли считались элементарными веществами. Лавуазье, однако, доказал, что кальции представляют собой соединения металлов и кислорода; но поскольку некоторые из этих кальций обладали всеми свойствами, характерными для земель, казалось вероятным, что все земли представляют собой оксиды металлов, а если все земли, то, скорее всего, и все щелочи. Было предпринято много попыток разложить землю и щелочи и получить металл, оксидом которого должна была быть земля или щелочь. Один химик думал, что он получил металл, нагрев земляную бариту с древесным углем, но из свойств его металла мы знаем, что он работал не с чистым образцом бариты, и что предполагаемой металлической основой бариты было просто немного железа или другого металла, ранее присутствовавшего в барите, или древесном угле, или тигле, которые он использовал.

Но если точка зрения Лавуазье верна — если все основания содержат кислород, — то из этого следует, что все соли являются соединениями кислорода. Все кислоты содержат кислород, сказал Лавуазье; вскоре это стало рассматриваться как один из фундаментальных фактов

химии. Земли и щелочи, вероятно, являются оксидами металлов; вскоре это стало догматом всех ортодоксальных химиков. Соли образуются в результате соединения кислот и оснований, следовательно, все соли содержат кислород: этот вывод был с готовностью принят почти всеми.

Когда спор между Лавуазье и химиками-флогистами был в самом разгаре, последователи Штала насмехались над Лавуазье за то, что он не смог объяснить образование водорода (или флогистона, как они думали) при растворении металлов в кислотах; но когда Лавуазье узнал состав воды, у него был ответ, достаточный, чтобы пресечь эти насмешки. Металл, сказал Лавуазье, разлагает воду, которая всегда присутствует вместе с кислотой, при этом выделяется водород, и полученная таким образом металлическая окалина или оксид растворяется в кислоте и образует соль. Если это объяснение было правильным — а в его пользу имелась огромная масса свидетельств и, по—видимому, ни одного против, — то все соли, образующиеся при действии кислот на металлы, обязательно содержали кислород.

Лавуазье—взгляд на соль как на соединение оксида металла — или основания - с неметаллическим оксидом — или кислотой — казался единственным объяснением, которое мог принять любой разумный химик: в первые годы нашего столетия оно господствовало безраздельно.

Но еще при жизни своего основателя этой теории противостояла логика фактов. В 1787 году Бертолле опубликовал отчет об экспериментах с синильной кислотой, существование и получение которой (из берлинской лазури) было продемонстрировано шведским химиком Шееле за три или четыре года до этого, что привело его к выводу, что это соединение является настоящей кислотой, но не содержит кислорода. В 1796 году тот же химик изучил состав и свойства сероводорода и объявил, что это вещество представляет собой кислоту, не содержащую кислорода.

Но эксперименты и рассуждения Бертолле были скрыты массой фактов и убедительностью аргументации химиков-Лавуазье.

Преобладающие взгляды на кислоты и основания были значительно укреплены более ранними исследованиями сэра Хамфри Дэви, в которых он использовал вольтову батарею в качестве инструмента в химических исследованиях. Давайте теперь рассмотрим некоторые электрохимические работы этого блестящего химика.

Весной 1800 года электрическая батарея, которая недавно была открыта Вольтой, была применена Николсоном и Карлайлом для разложения воды. Эксперименты этих натуралистов были повторены и подтверждены Дэви, проживавшим в то время в Бристоле, который проследил за этим применением электричества для осуществления химических изменений с помощью серии экспериментов, продолжавшихся с 1800 по 1806 год и завершившихся лекцией Бейкериана, прочитанной в Королевском обществе в прошлом году.

История жизни Дэви в эти годы, годы, богатые результатами, имеющими первостепенное значение для химической науки, будет прослежена в дальнейшем; пока же нас интересуют только результаты его химической работы.

Первая бейкерианская лекция Хамфри Дэви "О некоторых химических проявлениях электричества" заслуживает тщательного изучения всеми, кто интересуется методами естествознания; это блестящий пример распутывания сложной природной проблемы.

Вольта и другие ученые подвергли воду воздействию электрического тока и заметили появление кислоты и щелочи на противоположно наэлектризованных металлических поверхностях. По мнению одних экспериментаторов, кислота была азотистой, по мнению других, соляной кислотой. Один химик заявил о получении нового и необычного вещества, которое он назвал *электрической кислотой*. Обычно щелочью называли аммиак.

Когда Дэви пропустил электрический ток через дистиллированную воду, содержащуюся в стеклянных сосудах, соединенных кусочками влажного пузырька, хлопкового волокна или другими растительными веществами, он обнаружил, что в воде, окружающей положительно наэлектризованную пластину или полюс, и соде вокруг отрицательно наэлектризованного полюса батареи, образуются азотная и соляная кислоты.

Когда один и тот же кусок хлопкового волокна неоднократно использовался для соединения стеклянных сосудов и каждый раз промывался в разбавленной азотной кислоте, Дэви обнаружил, что выработка соляной кислоты постепенно прекращается; следовательно, он связал образование этой кислоты с присутствием животного или растительного вещества, используемого в экспериментах.

Обнаружив, что стеклянные сосуды подверглись некоторой коррозии и что чем больше степень коррозии, тем больше количество соды, появляющейся вокруг отрицательного полюса, он пришел к выводу, что сода, вероятно, была продуктом разложения стекла под действием электрического тока; поэтому он модифицировал эксперимент. Он пропустил электрический ток через дистиллированную воду, содержащуюся в маленьких чашечках из агата, предварительно очищенных кипячением в дистиллированной воде в течение нескольких часов и соединенных нитями из минерального асбеста, выбранного как совершенно не содержащего растительных веществ; щелочь и кислоту все еще производили. Эксперимент повторили несколько раз с тем же аппаратом; кислота и щелочь по-прежнему производились, но количество щелочи с каждым разом уменьшалось. Единственный вывод, который можно было сделать, заключался в том, что щелочь поступала из используемой воды. Теперь для удержания воды использовались две маленькие золотые чашечки; на отрицательном полюсе появилось очень небольшое количество щелочи, а на положительном - немного азотной кислоты. Количество кислоты медленно увеличивалось по мере продолжения эксперимента, в то время как количество щелочи оставалось таким же, как после нескольких минут воздействия электрического тока. Образование щелочи, вероятно, связано, сказал Дэви, с присутствием в воде какого-то вещества, которое не удаляется дистилляцией в стеклянной реторте. При кипячении в серебряной посуде некоторого количества использованной им воды было получено очень небольшое количество твердого вещества, которое после нагревания приобрело отчетливо щелочной характер. Более того, когда немного этого твердого вещества было добавлено в воду, содержащуюся в двух золотых чашках, произошло внезапное и заметное увеличение количества щелочи, образующейся вокруг отрицательного полюса. Другое количество воды, которое он использовал, было снова перегнано в серебряной реторте, и небольшое количество дистиллята было подвергнуто электролизу, как и раньше. Щелочь не появилась. В воду опустили маленький кусочек стекла; быстро начала образовываться щелочь. Таким образом, Дэви убедительно доказал, что щелочь, образующаяся при электролизе (т.е. разложении воды электрическим током), образуется не из самой воды, а из минеральных примесей, содержащихся в воде или в сосуде, в который вода помещается во время

эксперимента. Но производство азотной кислоты вокруг положительного полюса еще предстояло учесть.

Прежде чем проводить дальнейшие эксперименты, было необходимо, чтобы Дэви сформулировал гипотезу — чтобы он мысленно связал появление азотной кислоты с каким-нибудь другим явлением, достаточным для создания этого явления; затем он мог бы разработать эксперименты, которые определили бы, действительно ли предполагаемая связь между двумя явлениями существует или нет.

Итак, из составляющих азотной кислоты — азота, водорода и кислорода — все, кроме названных первых, присутствуют в чистой воде; азот в большом количестве присутствует в обычной атмосфере. Оставалось только предположить, что часть водорода и кислорода, образующихся при электролизе воды, захватывается и соединяется с частью азота в воздухе, окружающем эту воду, и этим объясняется непрерывное образование азотной кислоты в течение всего процесса электролиза.

Но как можно было доказать или опровергнуть это предположение? Дэви применил метод, часто используемый в научных исследованиях: — устраните предполагаемую причину явления; если явление перестает возникать, предполагаемая причина, вероятно, является реальной причиной. Дэви окружил маленькие золотые чашечки с водой, подлежащей электролизу, стеклянной банкой, которую он соединил с воздушным насосом; он откачал большую часть воздуха из банки, а затем пропустил электрический ток через воду. Появилось очень мало азотной кислоты. Теперь он снова удалил большую часть воздуха из стеклянной банки, добавил немного водорода, чтобы заменить его, и снова откачал его. Этот процесс он повторил два или три раза, а затем пропустил электрический ток. *В воде не появилось* кислоты. Он впустил воздух в стеклянный сосуд; начала вырабатываться азотная кислота. Таким образом, он доказал, что всякий раз, когда воздух соприкасается с подвергаемой электролизу водой, появлялась азотная кислота, а когда воздух полностью удалялся, кислота прекращала вырабатываться. Поскольку он ранее показал, что образование этой кислоты не следует связывать с примесями в воде, с природой сосуда, используемого для хранения воды, или с природой материала, из которого были изготовлены полюса батареи, ему пришлось сделать вывод, что образование азотной кислоты в воде и присутствие обычного воздуха вокруг воды неизменно существовали вместе; что если присутствует одно из этих условий, то присутствует и другое — другими словами, что одно является причиной другого.

Результат этой исчерпывающей и блестящей работы Дэви резюмирует следующими словами: "Тогда кажется очевидным, что химически чистая вода разлагается электричеством только на газообразное вещество, на кислород и водород".

Исходя из воздействия электрического тока на стекло, Дэви утверждал, что другие землистые соединения, вероятно, претерпели бы изменения в аналогичных условиях. Поэтому он приказал изготовить маленькие гипсовые чашечки, в которые налил чистую воду и пропустил через жидкость электрический ток. Вокруг отрицательного полюса образовалась известь, а вокруг положительного — серная кислота. Используя аналогичный аппарат, он доказал, что электрический ток разлагает очень многие минералы на землистую или щелочную основу и кислоту.

Представив себе, что маленькие частицы соли расщепляются электрическим током каждая на две более мелкие частицы, одна из которых обладает кислотными, а другая щелочными свойствами, Дэви подумал, что, возможно, удастся остановить движение этих более мелких частиц, которые, как он видел, постоянно движутся к положительному и отрицательному полюсам батареи. Соответственно, он соединил эти маленькие стеклянные сосуды нитями из промытого асбеста; в один из внешних сосудов он поместил чистую воду, в другой - водный раствор сульфата калия, а в центральный сосуд поместил аммиак. Отрицательный полюс батареи был погружен в сульфат калия, а положительный полюс — в воду, поэтому частицам серной кислоты, образующимся при разложении сульфата калия, было необходимо пройти через аммиак в центральном резервуаре, прежде чем они смогли найти свой путь к положительному полюсу. Итак, аммиак и серная кислота не могут находиться в контакте — они мгновенно соединяются, образуя сульфат аммиака; следовательно, частицы серной кислоты должны задерживаться аммиаком. Но серная кислота появилась на положительном полюсе точно так же, как если бы центральный сосуд содержал воду. Казалось, что взаимное притяжение, обычно возникающее между серной кислотой и аммиаком, было преодолено действием электрического тока. Аммиак обычно представляет собой непреодолимый барьер для продвижения серной кислоты, но электрическая энергия, по-видимому, заставляла частицы кислоты преодолевать этот барьер; они продвигались к своей цели, как будто ничто не стояло у них на пути.

Дэви теперь множит эксперименты и делает общий вывод, что "Водород, щелочные вещества, металлы и некоторые оксиды металлов притягиваются отрицательно наэлектризованными металлическими поверхностями и отталкиваются положительно наэлектризованными металлическими поверхностями; и наоборот, кислород и кислотные вещества притягиваются положительно наэлектризованными металлическими поверхностями и отталкиваются отрицательно наэлектризованными металлическими поверхностями; и эти силы притяжения и отталкивания достаточно энергичны, чтобы разрушить или приостановить обычное действие химического сродства".[10]

Чтобы объяснить это очевидное нарушение обычных химических законов, Дэви предполагает, что химические соединения постоянно разлагаются и вновь образуются в жидкости, которая подвергается электрическому воздействию. Таким образом, в эксперименте с водой, аммиаком и сульфатом калия он предполагает, что серная кислота и аммиак действительно соединяются в центральном сосуде с образованием сульфата аммиака, но это соединение снова разлагается под действием электрической энергии на серную кислоту, которая переходит к положительному полюсу, и аммиак, который остается в центральном сосуде, готовый соединиться с большим количеством серной кислоты по мере того, как она движется от своего источника в сосуде, содержащем сульфат калия, к своей цели в сосуде, содержащем воду.

Взгляд философа проник за пределы кажущейся стабильности химических систем, которые он изучал. В его представлении в этих нескольких каплях воды, аммиака и сульфата калия проявлялся нескончаемый конфликт противоборствующих сил; наблюдалось непрерывное разрушение и восстановление частиц, из которых состояли массы. Целое находилось в состоянии покоя, части находились в движении; целое было постоянным по химическому составу, состав каждой частицы менялся тысячу раз за мельчайшую долю секунды. По мнению Дэви, электролиз любого химического соединения был новым применением великого закона, установленного Ньютоном: "На каждое действие есть равная и противоположная реакция".

Каждый шаг, сделанный в химической науке со времен Дэви, лишь подчеркивал универсальность этого принципа действия и реакции, принципа, который слишком часто упускался из виду в учебниках химии, но важность которого недавние исследования начинают осознавать химики.

Проникнуть за завесу, которой она скрывает свои секреты от вульгарного взгляда, - привилегия философствующего исследователя Природы. Ему показаны виды, которых "глаз не видел", и им воспринимаются звуки, которых "ухо не слышало". Каждая капля воды видится ему не только состоящей из мириадов мелких частей, но и находящейся в движении; многие частицы разлагаются на еще более мелкие частицы материи, отличные по свойствам от исходных частиц, но поскольку исходные частицы в то же время воспроизводятся, продолжающееся существование капли воды со свойствами воды является для него результатом взаимного действия и противодействия противоборствующих сил. Он знает, что покой и постоянство достигаются не прекращением действия, а продолжением конфликта; он знает, что в сфере природных явлений устойчивое равновесие является результатом действия противоположных сил и что полное разложение происходит только тогда, когда одна сила становится слишком могущественной или другая - слишком слабой.

Продолжая ход мыслей, начатый экспериментами, которые я описал, Дэви приступил к серии исследований, которые привели его к рассмотрению каждого химического вещества как обладающего определенными электрическими связями по отношению ко всем другим веществам. "Подобно тому, как химическое притяжение между двумя телами, по-видимому, разрушается, если придать одному из них электрическое состояние, отличное от того, которым оно обладало естественным образом, то есть привести его в состояние, подобное другому, — так и оно может быть увеличено путем повышения его естественной энергии". Таким образом, цинк, металл, легко окисляемый, не соединяется с кислородом при отрицательной наэлектризованности, тогда как серебро, металл, трудно окисляемый, легко соединяется с кислородом при положительной наэлектризованности.

Вещества в противоположных электрических состояниях, по-видимому, химически соединяются, и чем больше электрическая разница, тем с большей готовностью осуществляется химическое соединение. Электрическая энергия и химическое притяжение или *аффинити*, очевидно, тесно связаны; возможно, сказал Дэви, они оба являются результатом одной и той же причины.

Таким образом, Дэви пришел к концепции системы тел, которая поддерживается в равновесии благодаря взаимному действию и реакциям как химических, так и электрических сил; при увеличении любого из них изменение обязательно происходит в другом. При определенных электрических условиях тела не будут оказывать химического воздействия друг на друга, но такое действие может быть начато изменением этих электрических условий, или, с другой стороны, изменением химических соотношений тел может быть вызвано изменение электрических соотношений. Таким образом, Дэви обнаружил, что при нагревании пластин из меди и серы медь проявляет положительное, а сера - отрицательное электрическое состояние; что эти электрические состояния становятся более выраженными по мере повышения температуры, пока не будет достигнута точка плавления серы, когда медь и сера химически соединяются вместе и образуется сульфид меди.

Когда вода подвергается электролизу, Дэви рассматривал противоположно наэлектризованные металлические пластины в батарее как стремящиеся достичь состояния равновесия; отрицательно наэлектризованный цинк стремится получить положительное электричество от меди, которая стремится получить отрицательное электричество от цинка. Воду он рассматривал как переносчика этих электричеств, одно в этом направлении, другое в том. Действуя таким образом в качестве носителя, вода сама подвергается химическому разложению с образованием водорода и кислорода; но эта химическая перегруппировка некоторых веществ, составлявших первоначальную систему (батареи и воды), влечет за собой новое нарушение электрической энергии, и поэтому процесс продолжается до тех пор, пока не будет разложена вся вода или вся медная или цинковая пластина не растворится в батарее. Дэви полагал, что если бы вода не подвергалась химическому разложению, цинк и медь в батарее быстро достигли бы состояния электрического равновесия, к которому они постоянно стремятся, и поэтому ток быстро прекратился бы.

Дэви считал, что "какой бы сильной ни была естественная электрическая энергия элементов тел, все же существует большая вероятность ограничения их силы; тогда как мощность наших искусственных инструментов, по-видимому, способна неограниченно возрастать". Используя очень мощную батарею, он надеялся получить возможность разлагать вещества, которые обычно считаются простыми телами.

Проводя широкий обзор природных явлений, он видит, что эти две силы, которые мы называем химической и электрической, действуют повсюду и своим взаимодействием поддерживают материальную вселенную в равновесии. Во вспышках вулканов он видит нарушение этого равновесия из-за чрезмерного преобладания электрической силы; а в образовании сложных минералов под поверхностью земли он прослеживает действие тех химических притяжений, которые всегда готовы вызвать сочетание элементов, если их не сдерживать противодействующим влиянием электрической энергии.

Мы увидим, как великая философская концепция Дэви была использована Берцелиусом и как, несомненно, приобретая точность, она значительно потеряла в широте, став основой жесткой системы химической классификации.

Надежде Дэви на то, что новый инструмент исследования, переданный Вольтой в руки химиков, будет использован для разложения предполагаемых простых веществ, вскоре суждено было осуществиться. Год спустя после лекции "О некоторых химических эффектах электричества" Дэви снова был читателем Лекции Бейкериана; в этом году (1807) она была озаглавлена "О некоторых новых явлениях химических изменений, производимых электричеством, в частности о разложении фиксированных щелочей; и демонстрации новых веществ, составляющих их основы; и об общей природе щелочных тел".

В своих первых экспериментах по воздействию электрического тока на поташ и соду Дэви использовал крепкие водные растворы этих щелочей, в результате чего выделялись только водород и кислород. Затем он пропустил ток через расплавленный поташ, который во время операции оставался жидким с помощью спиртовой лампы, в пламя которой подавался кислород. Выделилось много света, и на отрицательном полюсе появилось большое пламя; при изменении направления тока "воздушные шарики, которые воспламенялись в воздухе, поднимались через поташ".

6 октября 1807 года кусочек поташа был помещен на платиновый диск, который стал отрицательным полюсом очень мощной батареи; положительным полюсом служила платиновая проволока, соприкасавшаяся с верхней поверхностью поташа. Когда пропускали ток, поташ нагревался и вскоре плавился; на верхней поверхности выделялся газ, а на нижней (негативной) стороне "упругой жидкости не выделялось, но появлялись маленькие шарики, имеющие высокий металлический блеск и в точности похожие по видимым признакам на ртуть, некоторые из которых лопались со взрывом и ярким пламенем, как только они образовывались, а другие оставались, и были просто потускневшими и, наконец, покрытыми белой пленкой, которая образовывалась на их поверхностях".

Один из его биографов сообщает, что когда Дэви увидел, как эти металлические шарики прорываются сквозь корку плавящегося поташа, "он не мог сдержать своей радости, он буквально скакал по комнате в экстатическом восторге; и ему потребовалось совсем немного времени, чтобы собраться с духом и продолжить эксперимент".

Это был кульминационный момент исследований, которыми он непрерывно занимался в течение около шести лет. Его интерес и возбуждение были велики; лекция Бакериана была написана "под влиянием случая, до того, как возбуждение ума улеглось", и все же, как говорит его биограф — и мы вполне можем согласиться с ним, — "все же она подтверждает только самые зрелые суждения; большая ее часть столь же примечательна экспериментальной точностью, как и логической". Но "на каждое действие есть равная и противоположная реакция": сразу после прочтения лекции Дэви впал в прострацию из-за тяжелого приступа болезни, которая приковала его к постели на девять недель и едва не привела к летальному исходу.

То, что только что описанное явление на самом деле было разложением поташа и образованием металла, из которого это вещество представляет собой оксигенированное соединение, было доказано получением аналогичных результатов независимо от того, использовались ли для содержания поташа серебряные, медные или золотые пластины, сосуды из свинца или даже древесный уголь, или эксперимент проводился на воздухе, или в стеклянном сосуде, из которого был удален воздух, или в стеклянных пробирках, в которых поташ удерживался ртутью. За разложением поташа в течение нескольких дней последовало разложение соды, из которой были получены металлические шарики, загорающиеся на воздухе.

Но анализа калия и соды оказалось для Дэви недостаточно; он решил осуществить синтез этих веществ. Для этой цели он собрал небольшие количества недавно открытых металлов, проводя электролиз поташа и соды в экспериментальных условиях таким образом, чтобы металлы сразу после получения были погружены под поверхность нефти, жидкости, не содержащей кислорода, и которая защищала их от воздействия окружающего воздуха.

Затем взвешенное количество каждого металла нагревали в потоке чистого сухого кислорода, продукты собирали и взвешивали, и было обнаружено, что растворы этих продуктов в воде обладают всеми свойствами водных растворов поташа и соды.

Теперь Дэви получал новые металлы в большем количестве, и он тщательно определял их свойства; они были названы *калием* и *натрием* соответственно. Было показано, что они обладают всеми теми свойствами, которые обычно считались характерными для металлов, за

исключением того, что они тяжелые. Новые металлы были чрезвычайно легкими, легче воды. В течение некоторого времени было трудно убедить всех химиков в том, что металл может быть очень легким веществом. Нас уверяют, что друг Дэви, которому впервые показали калий и спросили, что, по его мнению, это за вещество, ответил: "Конечно, это металл"; "а затем, взвесив его на пальце, он добавил доверительным тоном: "Боже мой, какой он тяжелый!"

Дэви утверждал, что, поскольку было обнаружено, что щелочи, поташ и сода, являются соединениями металлов с кислородом, земли, вероятно, также будут обнаружены как оксиды металлов. В 1808 году ему удалось разложить три земли - известь, баритовую и стронциевую - и получить металлы *кальций*, *барий* и *стронций*, но не в идеально чистом состоянии и не в каком-либо количестве. Он также получил доказательства разложения диоксида кремния, оксида алюминия, циркония и бериллия под действием мощных электрических токов, но ему не удалось получить предполагаемые металлические основы этих веществ.

До сих пор все открытия Дэви имели тенденцию подтверждать общепринятую точку зрения, согласно которой щелочи и земли рассматривались как оксиды металлов. Но мы обнаружили, что результатом этих взглядов стало рассмотрение всех солей — и среди них, конечно, обычной соли — как соединений кислорода.^[11] Кислоты были соединениями кислорода, основания были соединениями кислорода, и поскольку соли были получены путем соединения кислот с основаниями, они тоже обязательно должны быть соединениями кислорода.

Бертолле поставил под сомнение универсальность названия Лавуазье "кислород", *the*подкислителя, но он не доказал окончательно существование какой-либо кислоты, не содержащей кислорода.

Исследования Дэви, естественно, привели его к рассмотрению распространенных взглядов на кислоты, основания и соли.

Соляная (или, как мы теперь называем ее, соляная) кислота долгое время была камнем преткновения для опытных химиков-Лавуазье. В нем нельзя было обнаружить кислород, но он должен был содержать кислород, потому что кислород является подкислителем. Конечно, если соляная кислота содержит кислород, то соли—муриаты, образующиеся при действии этой кислоты на щелочи и земли, также должны содержать кислород. За много лет до этого действие соляной кислоты на марганцевую руду изучал шведский химик Шееле, который таким образом получил газ желтого цвета с очень сильным запахом. Бертолле показал, что при воздействии солнечного света на раствор этого газа в воде выделяется кислород и образуется соляная кислота. Следовательно, предполагалось, что желтый газ представляет собой "окисленную соляную кислоту", и его называли "соляной кислотой", а саму соляную кислоту рассматривали как состоящую из кислорода и неизвестного вещества или *радикала*.

В 1809 году Гей-Люссак и Тенар обнаружили, что один объем водорода соединяется с одним объемом так называемой окисленной соляной кислоты с образованием соляной кислоты; таким образом, присутствие водорода в этой кислоте было доказано.

Когда Дэви начал (1810-11) уделять особое внимание изучению солей, он принял общепринятую точку зрения, что соляная кислота представляет собой соединение кислорода и неизвестного радикала и что при добавлении кислорода к этому соединению образуется окисленная соляная кислота. Но до тех пор, пока Дэви не смог бы доказать присутствие кислорода в соляной кислоте, он не мог долго придерживаться мнения, что кислород

действительно является составной частью этого вещества. Он пытался получить прямые доказательства присутствия кислорода, но потерпел неудачу. Затем он приступил к сравнению действия соляной кислоты на металлы и оксиды металлов с действием так называемой окисленной соляной кислоты на те же вещества. Он показал, что солеподобные соединения образуются под действием окисленной соляной кислоты либо на металлы, либо на оксиды этих металлов, причем в последних случаях выделяется кислород и что те же соединения и вода образуются под действием соляной кислоты на те же оксиды металлов.

Эти результаты легче всего было объяснить, предположив, что так называемая окисленная соляная кислота является элементарным веществом, а соляная кислота представляет собой соединение этого элемента с водородом. Открытому таким образом новому элементу — ибо тот, кто устанавливает элементарную природу вещества, может считаться почти его первооткрывателем, — Дэви дал название *хлор*, подсказанное желтым цветом газа (от греческого, = *желтый*). Он сразу же начал изучать аналогии хлора, чтобы экспериментально определить, на какие элементы он похож, и таким образом классифицировать его. Он обнаружил, что многие металлы легко соединяются с хлором, выделяя тепло и свет. Подобно кислороду, он поддерживал горение; подобно кислороду, притягивался к отрицательному полюсу вольтовой батареи; его соединение с водородом представляло собой кислоту; следовательно, сказал Дэви, хлор, как и кислород, поддерживает горение, а также подкисляет.

Но было очень трудно заставить химиков принять эти взгляды. Как говорит Бэкон, "Если ложные факты в Природе когда-то были распространены, то из-за пренебрежения исследованиями, обращения к древности и использования их в дискурсе от них почти никогда не отказываются".

Химики давно привыкли к системам, которые претендовали на объяснение всех химических фактов. На смену флогистической теории, тиранизовавшей химию, пришла химия Лавуазье, которая признавала один подкислитель, а также единственный сторонник горения. Приписывать эти свойства какому-либо элементу, кроме кислорода, казалось почти кощунственным.

Но когда Дэви говорил о хлоре как подкислителе, он не использовал это слово в том же смысле, в каком его использовали сторонники кислородной теории кислот; он просто хотел выразить тот факт, что соединение, содержащее хлор в качестве одного из своих компонентов, но не содержащее кислорода, было настоящей кислотой. Когда Гей-Люссак попытался доказать, что водород является *подщелачивающим началом*, Дэви сказал: "Это попытка ввести в химию доктрину оккультных качеств и сослаться на некую таинственную и необъяснимую энергию, которая должна зависеть от особого расположения корпускул". Что касается натянутого использования Гей-Люссаком аналогий между соединениями водорода и щелочами, он говорит: "Замена факта аналогией - бич химической философии; законное использование аналогии заключается в том, чтобы связать факты воедино и направить к новым экспериментам".

Но факты Дэви были настолько достоверны, а его эксперименты настолько убедительны, что не прошло и двух—трех лет, как большинство химиков были убеждены, что хлор — это элемент, *то есть* вещество, которое никогда не разлагалось, и что соляная кислота представляет собой соединение этого элемента с водородом.

Берцелиус был одним из последних, кто принял новую точку зрения. Велер рассказывает нам, что зимой 1823 года, когда он работал в лаборатории Берцелиуса, Анна, моя какие-то тазы, заметила, что от них сильно пахнет окисленной соляной кислотой: "Теперь, - сказал Берцелиус, - послушай меня, Анна. Ты должен больше говорить не "окисленная соляная кислота", а "хлор"; так лучше".

За этой работой по хлору последовало в 1813 году доказательство того, что класс подкислителей и поддерживающих горение веществ содержит третье элементарное вещество, а именно. йод. По мере развития взглядов Дэви на кислоты и соли он, по-видимому, все больше выступал против предположения, что какой-либо один элемент следует рассматривать как подкисляющий элемент; но в то же время он, по-видимому, признает, что большинство, если не все, кислоты содержат водород. Такие оксиды, как трехокись серы, пятиокись азота и т.д., не обладают кислотными свойствами, за исключением сочетания с водой. Но он, конечно, не говорил, что все соединения водорода являются кислотами; он скорее рассматривал обладание веществом кислотными свойствами как зависящее в значительной степени от природы элементов, отличных от водорода, которые оно содержит, или, возможно, от расположения всех элементов в частицах кислоты. Он считал, что водород в кислоте способен замещаться металлом, и металлическому производному — как его можно было бы назвать — кислоты, полученной таким образом, он дал название "соль". Следовательно, кислота может быть соединением водорода с одним другим элементом — такими были соляная, двухводная, фтористоводородная кислоты — или это может быть соединение водорода с двумя или более элементами, из которых один может быть кислородом, а может и не быть — такими были синильная кислота и хлорная или азотная кислота. Если бы водород в любой из этих кислот был заменен металлом, получилась бы соль. Следовательно, соль может не содержать кислорода, *например* хлорид или иодид калия; но в большинстве случаев соли действительно содержат кислород, *например* хлорат или нитрат калия.

Таким образом, кислоты были разделены на оксикислоты (или кислоты, содержащие кислород) и кислоты, не содержащие кислорода; первый класс включает большинство известных кислот. Старый взгляд на соли как на соединения кислот (*т.е.* оксидов неметаллических элементов) и оснований (*т.е.* оксидов металлов) был отвергнут, и соли стали рассматриваться как металлические производные кислот.

С этого времени эти термины — кислоты, соли, основания — приобретают меньшее значение, чем они имели раньше в истории химического прогресса.

Пытаясь объяснить электрохимическую теорию Дэви, я применил слово *сродство* к взаимному действию и реакции между двумя веществами, которые соединяются вместе, образуя химическое соединение. Теперь нам необходимо немного внимательнее присмотреться к истории этого слова *родство*.

Масло и вода не смешиваются вместе, но масло и раствор калия смешиваются; можно сказать, что первое не имеет сродства друг к другу, а второе - что оно имеет. При нагревании серы желтое твердое вещество без запаха, захватывая кислород в воздухе, соединяется с ним, образуя бесцветный газ с сильным запахом. Говорят, что сера и кислород обладают сильным сродством друг к другу.

Если в разбавленную азотную кислоту добавить известь и магнезию поровну, то через некоторое время обнаружится, что часть извести, но очень мало магнезии, растворилось. Если к раствору магнезии в азотной кислоте добавить водный раствор извести, магнезия выпадет в осадок в виде нерастворимого порошка, в то время как известь останется растворенной в кислоте. Говорят, что известь обладает более сильным сродством к азотной кислоте, чем магнезия. Такие реакции, подобные этим, раньше приводились в качестве примеров *единичного избирательного сродства*— единичного, потому что одно вещество сочетается друг с другом, и избирательного, потому что вещество, по-видимому, выбирает между двумя другими представленными ему веществами и комбинируется с одним, исключая другое.

Но если нейтральный раствор магнезии в серной кислоте добавить к нейтральному раствору извести в азотной кислоте, образуются сульфат извести и нитрат магнезии. Было сказано, что известь выходит из азотной кислоты и переходит в серную кислоту, которая, будучи освобождена от магнезии, готова принять ее; в то же время азотная кислота, из которой вышла известь, соединяется с магнезией, ранее удерживаемой серной кислотой. Было сказано, что такая реакция является примером *двойного сродства*. Было заявлено, что химические изменения были вызваны одновременным сродством извести к серной кислоте, которое было больше, чем ее сродство к азотной кислоте, и сродством магнезии к азотной кислоте, которое было больше, чем ее сродство к серной кислоте.

Если бы было смешано несколько солей, то каждое основание — при условии, что приведенные выше утверждения верны, — образовало бы соединение с той кислотой, к которой оно имеет наибольшее сродство. После этого должно быть возможно составить таблицы сходства. Такие таблицы действительно были подготовлены. Вот пример:—

Серная кислота.

Барита.	Известь.
Стронций.	Аммиак.
Поташ.	Магнезия.
Сода.	

Эта таблица говорит нам, что сродство барита к серной кислоте больше, чем стронция к той же кислоте, стронция больше, чем поташ, и так далее. Это также говорит о том, что поташ разлагает соединение серной кислоты и соды, точно так же, как сода разлагает соединение той же кислоты с известью, или стронция разлагает соединение с поташем и т.д.

Но Бертолле показал в первые годы этого столетия, что большого количества тела, имеющего слабое сродство к другому, будет достаточно для разложения небольшого количества соединения этого другого с третьим телом, к которому оно имеет сильное сродство. То есть он показал, что образование или необразование соединения зависит не только от так называемого сродства между составляющими, но и от относительных количеств этих составляющих. Бертолле и другие химики также показали, что сродство во многом обусловлено температурой; то есть что два вещества, которые не проявляют тенденции к химическому соединению при низкой температуре, могут объединяться при повышении температуры. Он и они также доказали, что образование или необразование соединения во многом зависит от его физических свойств. Таким образом, если два вещества смешиваются в растворе и если в результате их взаимного действия может быть получено вещество, нерастворимое в

присутствующих жидкостях, то это вещество обычно образуется независимо от того, является ли сродство между исходной парой веществ сильным или слабым.

Результатом работы Бертолле стало то, что таблицы сродства стали практически бесполезными. Сказать, что сродство этого тела к тому было больше, чем его сродство к третьему телу, значило бы выйти за рамки фактов, потому что образование того или иного соединения зависело от многих условий, гораздо более сложных, чем те, которые обозначаются термином "сродство". И все же концепция сродства сохранилась, хотя ее нельзя было применять столь строго, как это делали более ранние химики. Если элемент А легко соединяется с другим элементом, В, при определенных физических условиях, но не соединяется при тех же условиях с третьим элементом, С, все равно можно сказать, что А и В имеют, а А и С - нет, сродство друг к другу.

Эта общая концепция сродства была применена Берцелиусом к атомам элементов. Сродство, сказал Берцелиус, действует между непохожими атомами и заставляет их объединяться с образованием составного атома, непохожего ни на один из исходных атомов; когезия, с другой стороны, действует между подобными атомами, заставляя их держаться вместе, не вызывая каких-либо изменений в их свойствах. Сродство различается у разных элементов. Таким образом, сродство золота к кислороду очень мало; отсюда следует, что золото находится в земле в металлическом состоянии, в то время как железо, обладающее большим сродством к кислороду, вскоре ржавеет под воздействием воздуха или при закапывании в землю. Калий и натрий обладают большим сродством к кислороду, хлору и т.д.; однако атомы калия и натрия сами по себе не соединяются. Чем больше любые элементы похожи химически, тем меньше их сродство друг к другу; чем больше любые элементы химически непохожи, тем больше их взаимное сродство; но это сродство изменяется в зависимости от обстоятельств. Таким образом, сказал Берцелиус, если равное количество атомов А и В, обладающих равным или почти равным сродством к С, вступят во взаимную реакцию, образуются сложные атомы АС и ВС, но атомы А и В останутся. На количество образующихся АС и ВС будет влиять большее или меньшее сродство А и В к С; но если количество атомов А больше, чем В, то будет образовано большее количество АС, чем ВС. В этих случаях предполагается, что все реагирующие вещества и продукты взаимодействия являются жидкостями; но ВС, если это твердое вещество, будет образовываться, даже если сродство А к С больше, чем сродство В к С.

В некоторых элементах, учил Берцелиус, сродство дремлет, и пробудить его можно, только повысив температуру. Таким образом, углерод в форме угля не имеет сродства к кислороду при обычных температурах; он веками оставался в земле, не подвергаясь окислению; но при нагревании угля сродство углерода пробуждается, происходит соединение с кислородом и выделяется тепло.

Но почему некоторые элементарные атомы проявляют сродство к некоторым другим? По словам Берцелиуса, это зависит от электрических состояний этих атомов. Согласно теории Берцелиуса, каждый элементарный атом обладает присоединенным к нему определенным количеством электричества, часть которого положительна, а часть отрицательна. Это электричество накапливается в двух точках каждого атома, называемых соответственно положительным полюсом и отрицательным полюсом; но в каждом атоме одно из этих электричеств настолько преобладает над другим, что придает всему атому характер либо положительно, либо отрицательно наэлектризованного тела. Когда два атома химически соединяются, положительное электричество в одном нейтрализует отрицательное электричество в другом.

Поскольку мы знаем, что сходные электричества отталкиваются, а противоположные притягиваются друг к другу, из этого следует, что заметно положительный атом будет проявлять сильное сродство к заметно отрицательному атому, менее сильное сродство к слабо отрицательному и мало или вообще не будет сродства к положительно наэлектризованному атому; но два одинаково наэлектризованных атома могут проявлять сродство, потому что в каждом положительном атоме есть некоторое количество отрицательного электричества, как и в каждом отрицательном атоме есть некоторое количество положительного электричества. Таким образом, в атомах меди и цинка преобладает положительное электричество, сказал Берцелиус, но атомы цинка более положительные, чем атомы меди; следовательно, когда металлы вступают в контакт, отрицательное электричество атомов меди притягивается и нейтрализуется положительным электричеством атомов цинка, происходит объединение, и составной атом по-прежнему характеризуется преобладанием положительного электричества.

Следовательно, Берцелиус отождествил "электрическую полярность" с химическим сродством. Каждый атом рассматривался им как *одновременно* положительно *и* отрицательно наэлектризованный; но поскольку одно из этих электричеств всегда было намного сильнее другого, каждый атом, рассматриваемый как целое, казался наэлектризованным *либо* положительно, *либо* отрицательно. Положительные атомы проявляли сродство к отрицательным атомам, и *наоборот*. Как положительный атом может стать более положительным при повышении температуры атома, так и сродство этого атома к нему может быть более выраженным при высоких, чем при низких температурах.

Теперь, если два элементарных атома соединяются, составной атом должен — согласно берцелиевским взглядам — характеризоваться *либо* положительным, *либо* отрицательным электричеством. Этот составной атом, если он положительный, будет проявлять сродство к другим составным атомам, в которых преобладает отрицательное электричество; если отрицательный, он будет проявлять сродство к другим положительно наэлектризованным составным атомам. Если два составных атома соединяются химическим путем, образовавшийся таким образом сложный атом, опять же, будет характеризоваться одним или другим из двух электрических свойств, и поскольку он положительный или отрицательный, то он будет проявлять сродство к положительно или отрицательно наэлектризованным сложным атомам. Таким образом, Берцелиус и его последователи рассматривали каждый составной атом, каким бы сложным он ни был, по существу, как состоящий из двух частей, одна из которых была положительно, а другая отрицательно наэлектризована и которые химически удерживались вместе благодаря взаимному притяжению этих электричеств; они рассматривали каждый составной атом как *двойственную* структуру. Классификация, принятая Берцелиусом, была, по сути, дуалистической классификацией. Его система всегда была известна в химии как *дуализм*.

Берцелиус разделил составные атомы (теперь мы должны говорить молекулы) на три группы или порядка —

Сложные атомы первого порядка, образующиеся при непосредственном соединении атомов двух или в органических соединениях трех элементарных веществ.

Сложные атомы второго порядка, образованные комбинацией атомов элемента с атомами первого порядка или комбинацией двух или более атомов первого порядка.

Составные атомы третьего порядка, образованные комбинацией двух или более атомов второго порядка.

Когда атом третьего порядка разлагался электрическим током, он, согласно учению Берцелия, распадался на атомы второго порядка — одни были положительно, другие отрицательно наэлектризованы. Когда атом второго порядка подвергали электролизу, он разлагался на атомы первого порядка — одни были наэлектризованы положительно, другие - отрицательно.

Берцелиус сказал, что основание - это электроположительный оксид, а кислота - это электроположительный оксид. Чем более выражен положительный эффект оксида, тем он более щелочной; чем более он отрицательный, тем в большей степени он характеризуется кислотными свойствами.

Одним из результатов этого учения о кислотах и основаниях было опровержение концепции Лавуазье о кислороде как подкисляющем элементе. По словам Берцелиуса, некоторые оксиды положительные, другие отрицательны; но кислоты характеризуются отрицательным электричеством, поэтому присутствие кислорода в соединении не всегда придает этому соединению кислотные свойства.

Мы уже видели, что большинство химиков рассматривали кремнезем как типичную землю; но Берцелиус обнаружил, что при электролизе соединений кремнезема это вещество появлялось на положительном полюсе батареи — то есть атом кремнезема принадлежал к отрицательно наэлектризованному порядку атомов. Диоксид кремния почти наверняка был оксидом; но электроотрицательные оксиды как класс относятся к кислотам; следовательно, диоксид кремния, вероятно, был кислотой. Предположение о кислом характере кремнезема было полностью подтверждено минералогическими анализами и экспериментами Берцелиуса. Он показал, что большинство землистых минералов представляют собой соединения кремнезема с электроположительными оксидами металлов и что кремнезем играет в этих минералах роль кислоты; а в 1823 году он получил элемент кремний, оксидом которого является диоксид кремния. На этой основе Берцелиус разработал систему классификации в минералогии, которая во многом способствовала развитию этой отрасли естествознания.

Благодаря работам Берцелиуса и Дэви концепция кислоты Лавуазье была значительно изменена и расширена; она стала менее жесткой и, следовательно, с большей вероятностью, чем раньше, может служить руководством к новым открытиям.

Прежний взгляд на кислоту и щелочь был основан, по большей части, на качественном изучении реакций химических веществ: тела относились к одному классу, потому что все они были кислыми или все окрашивали овощи из синих в красные и т.д. За этим последовало более тщательное изучение состава веществ и попытки связать свойства этих веществ с их составом; но когда эта попытка привела к провозглашению изречения о том, что "кислород является подкисляющим началом", стало осознаться, что должна быть заложена более широкая фактическая основа, прежде чем можно будет сделать справедливые выводы относительно связей между свойствами и составом веществ. Эта более широкая основа была заложена двумя химиками, работу которых мы сейчас рассмотрели. О жизни одного из этих людей я уже дал такой набросок, какой смог сделать из доступных мне материалов; о жизни другого мы, к счастью, располагаем обширными знаниями. Давайте теперь рассмотрим основные черты этой жизни.

Хамфри Дэви, старший сын Роберта и Грейс Дэви, родился в Пензансе, в Корнуолле, 17 декабря 1778 года, за восемь месяцев до рождения Берцелиуса. Его родители жили в небольшом поместье, которое принадлежало их предкам на протяжении нескольких поколений. Окруженный множеством добрых друзей, которые о нем много думали, мальчик, похоже, провел очень счастливое детство. Даже в пятилетнем возрасте его быстрота и проницательность были отмечены окружающими, и в школе они продолжали оставаться его преобладающими чертами. Воспитанный с младенчества среди прекрасных и романтических пейзажей, наделенный огромной наблюдательностью и живым воображением, юный Дэви, казалось, был обречен стать одним из тех, из уст кого "изливается бессмертное пение"; на протяжении всей жизни он отличался ярко выраженным поэтическим темпераментом.

Школьные друзья очень уважали Хамфри Дэви как составителя валентинок и любовных писем, смелого и занимательного рассказчика историй и успешного производителя фейерверков. Такое сочетание качеств очень расположило бы к нему его товарищей-мальчиков. Нам рассказывают, что в возрасте восьми лет он обычно забирался на пустую телегу, вокруг которой собирался кружок мальчиков, чтобы развлечься замечательными историями юного рассказчика.

Закончив школьное образование в возрасте пятнадцати лет, он теперь начал собственное образование. В 1795 году он поступил учеником к хирургу и аптекарю (впоследствии врачу) в Пензансе, у которых он постигал азы медицинской науки; но все те годы, которые он провел под руководством мистера Борлаза, были посвящены охоте, рыбной ловле, поиску минералов и геологических образцов, сочинению стихов и метафизическим размышлениям. Теперь, как и при жизни, он был восторженным любителем Природы; его ум был чрезвычайно активен, охватывая самые разнообразные предметы; он был полон воображения и, казалось, был уверен отличиться в любом деле, на которое ему стоило обратить свое внимание. В течение следующих трех-четырех лет Дэви свободно предавался размышлениям на самые разные темы; он начал, как это обычно делают молодые люди, с общих принципов и, следуя им, пришел ко многим выводам. Даже в своем изучении физиологии и других отраслей науки в то время он, по-видимому, придерживался скорее умозрительного, чем экспериментального метода; но в отличие от большинства молодых метафизиков, он был готов отказаться от своего мнения всякий раз, когда оно казалось ему неправильным. К тому времени, когда ему исполнилось двадцать лет, он отказался от этого метода поиска истины и с тех пор всегда отличался тщательной проработкой фактов как основы для всех своих блестящих теорий.

Дэви, по-видимому, начал изучать химию примерно в 1798 году, прочитав "Элементы химии" Лавуазье, учение которого он открыто критиковал. Примерно в это же время мистер Грегори Уотт поселился в Пензансе у матери Дэви, и с ним молодой философ много беседовал на химические и другие научные темы. Он также познакомился с мистером Дэвисом Гилбертом, которому было суждено сменить Дэви на посту президента Королевского общества, и у него он брал книги и получал различного рода помощь в своих исследованиях.

Именно в эти годы Дэви проводил эксперименты по выделению тепла, которые были опубликованы несколькими годами позже и которые сейчас считаются закладывающими основы современной теории, согласно которой выделение тепла происходит за счет движения малых частей тел. Он расположил две латунные тарелки таким образом, чтобы на одной из них лежал кусок льда, который можно было заставить вращаться при соприкосновении с другой

тарелкой; тарелки были накрыты стеклянной банкой, из которой он выпускал воздух с помощью простого шприца собственного изобретения; машина была установлена на глыбах льда, и пластины вращались. Лед внутри банки вскоре растаял; Дэви пришел к выводу, что тепло, необходимое для растопления этого льда, могло быть получено только за счет трения льда и меди, и что, следовательно, тепло не может быть какой-либо формой весомой материи.

В 1798 году Дэви попросили поехать в Бристоль в качестве суперинтенданта лаборатории нового Пневматического института, основанного доктором Беддосом для применения газов для лечения болезней. До этого Дэви переписывался с Беддосом по поводу его экспериментов с теплом, и последний, по-видимому, был поражен его большими способностями и стремился заполучить его в качестве экспериментатора для своего учреждения. Дэви был освобожден от своих обязательств перед мистером Борлейзом, и теперь, когда ему было около двадцати лет, он отправился в свой новый дом, проведя, по его словам, все возможные эксперименты в Пензансе и с нетерпением ожидая лучших приборов и стимулов для исследований, которые он надеялся найти в Бристоле.

Пневматический институт поддерживался подписками, по большей части от ученых. Он был основан на научной основе. Предполагалось провести исследования газов различных видов с целью применения их в качестве лекарственных средств для облегчения течения болезней. Были предоставлены больница для пациентов, лаборатория для экспериментальных исследований и лекционный зал.

В это время в Бристоле проживало много выдающихся литературных и интеллектуальных деятелей; среди них были Кольридж и Саути. Большинство из этих людей были гостями в доме доктора Беддоуза, и многие выдающиеся люди приезжали из разных частей графства, чтобы посетить это учреждение. Таким образом, Дэви вступил в сферу труда, в высшей степени подходящую для развития его гения. Располагая достаточными механическими приспособлениями для исследований, имея в своем распоряжении массу времени, окруженный атмосферой исследования и людьми, которые были бы рады любому дополнению, которое он мог бы внести в познание Природы, и будучи в то же время не лишенным поэтического и творческого окружения, которое всегда подстегивало его в поисках истины, — оказавшись в этих обстоятельствах, такой восторженный и прилежный исследователь науки, как Дэви, не мог не получить результатов, ценных для своих товарищей. Состояние химической науки в то время, очевидно, было таково, что подстрекало молодых работников. Цепи, которыми Шталь и его преемники так долго сковывали конечности молодой науки, были разорваны Лавуазье; и хотя французская химическая школа в то время была доминирующей и не отказывалась считать невеждами любых людей, которые могли расходиться с ее учением, тем не менее в приверженцах химии было много жизни. Спор между Бертолле и Прустом вот-вот должен был начаться; взгляды Лавуазье на кислоты и соли не были полностью приняты Гей-Люссаком, Тенаром и другими; и в лаборатории Берцелиуса вскоре должны были выйти первые из тех многочисленных исследований, которые привлекли внимание каждого химика к столице Швеции. Была открыта вольтова батарея, которая открыла целую область возможностей в химии.

Дэви начал свои исследования в этом учреждении с экспериментов с закисью азота, газом, который, как предполагали некоторые люди в то время, был способен оказывать наиболее вредное воздействие на организм животных. Ему пришлось провести множество

экспериментов, прежде чем он нашел метод получения чистого газа, и в ходе этих экспериментов он значительно пополнил запас химических знаний о соединениях азота и кислорода. Получив довольно чистую закись азота, он вдохнул ее из шелкового мешочка; он испытал "ощущение, аналогичное легкому давлению на все мышцы"... предметы вокруг меня стали ослепительными, а мой слух обострился;... в конце концов у меня появилась непреодолимая склонность к действию.... Я смутно помню, что за этим последовало; я знаю, что мои движения были разнообразными и неистовыми ". Саути и Кольридж подышали газом; поэты лишь слегка посмеялись. Воодушевленный результатами этих экспериментов, Дэви приступил к приготовлению оксида азота и вдыханию им оксида азота, в результате чего ему стало очень плохо, а затем карбюрированного водорода, что чуть не убило его.

Примерно в то же время в своей химической записной книжке Дэви пишет: "Совершенство химической философии, или законов движения корпускул, должно зависеть от знания всех простых веществ, их взаимного притяжения и соотношения, в котором притяжение увеличивается или уменьшается с повышением или понижением температуры.... Первым шагом к этим законам будет разложение тех тел, которые в настоящее время неразложимы". И в той же записной книжке он предлагает методы, которые, по его мнению, могли бы привести к разложению соляной и борной кислот, щелочей и земель. Вот зачатки его будущей работы.

Примерно через восемь месяцев работы в Бристоле он опубликовал том "Исследований", который содержал огромное количество новых фактов и отличался энергичностью и новизной концепции. Эти исследования проводились с интенсивным усердием; каждое из них было доведено до белого каления. В то время его разум был полон обширных научных концепций, и он начал также думать о славе. "Активный ум, глубокое идеальное чувство добра и устремленность к будущему величию", - говорит он нам, - поддерживали его.

Граф Румфорд, основатель Королевского института в Лондоне, стремился заполучить для этого института преподавателя химии. Дэви был настоятельно рекомендован, и после небольшой договоренности, о которой Дэви сообщает в письме: "Я не соглашусь ни на какое назначение, кроме как на священных условиях независимости", — он был назначен ассистентом лектора по химии и директором лаборатории. Примерно год спустя его официальное звание было изменено на профессора химии. Это назначение открыло обширную сферу исследований; ему было предоставлено "единоличное и бесконтрольное использование аппарата института для частных экспериментов", и ему было обещано "любое оборудование, которое ему может понадобиться для новых экспериментов".

Теперь в его распоряжении была хорошая лаборатория; ему не приходилось заниматься рутинной систематического преподавания, от него требовалось только читать лекции для широкой аудитории. Перед отъездом из Бристоля он приступил к экспериментам по химическому применению вольтовой батареи; за ними он сразу же последовал с помощью более совершенного аппарата, который теперь был в его распоряжении. Результаты этого исследования и его последующей работы о щелочах, соляной кислоте и хлоре уже были описаны. Обстоятельства жизни Дэви до сих пор были самыми благоприятными; о том, как благородно он воспользовался этими обстоятельствами, свидетельствует проделанная им работа.

Его первая лекция была прочитана весной 1801 года, и он сразу же стал знаменитым. Друг Дэви говорит: "Сенсацию, произведенную его первым курсом лекций в Институте, и восторженное

восхищение, которое они вызвали, трудно себе представить. Люди первого ранга и таланта, литераторы и ученые, практики и теоретики, синие чулки и модницы, старые и молодые — все толпились, нетерпеливо толпились в лекционном зале. Его молодость, простота, природное красноречие, познания в химии, удачные иллюстрации и хорошо проведенные эксперименты привлекли всеобщее внимание и безграничные аплодисменты. Compliments, приглашения и подарки в изобилии сыпались на него со всех сторон; за его обществом ухаживали все, и все, казалось, гордились знакомством с ним". Один из его биографов говорит об этих лекциях: "Он всегда был серьезен, и когда он больше всего забавлялся, забава казалась совершенно чуждой его предмету. Его великой и первой целью было обучать и в сочетании с этим поддерживать важность и достоинство науки; действительно, последнее, а также разжигание вкуса к научным занятиям, скорее можно было бы считать его главной целью, а передачу инструкций - второстепенной".

Дэви приложил величайшие усилия к составлению и репетиции своих лекций, а также к организации экспериментов, чтобы все было направлено на просвещение его аудитории. Окруженный блестящим обществом, приглашенный на все модные развлечения, польщенный поклонниками, прельщенный надеждами заработать деньги, Дэви оставался верным и восторженным исследователем Природы. "Я любитель Природы, - пишет он в это время другу, - с неудовлетворенным воображением. Я буду продолжать искать неиспытанные прелести, скрытые красоты. *Моереальное, мое бодрствующее* существование находится среди объектов научных исследований. Обычные развлечения необходимы мне только как сны, чтобы прервать поток мыслей, слишком похожих на просветляющие и оживляющие".

В течение этих лет (*т.е.* с 1802 по 1812 год) большую часть дня он работал в лаборатории. Каждую неделю, почти каждый день, он делал какое-нибудь новое важное открытие. Он продвигался от открытия к открытию. Его работа отличалась тем огромным усердием и чрезвычайной быстротой, которые присущи только усилиям гения. Никогда, ни до, ни после, химическая наука в нашей стране не добивалась таких успехов.

В 1803 году Дэви был избран членом, а в 1807 году одним из секретарей Королевского общества. В 1812 году он ушел в отставку с должности профессора химии в Королевском институте; в том же году он был произведен в рыцари.

Следующие два или три года были в основном потрачены на поездки со своей женой за границу — в 1812 году он женился на вдове, миссис Эйприс. Во время своего визита в Париж он провел несколько экспериментов с недавно открытым тогда йодом и доказал, что это вещество является элементом.

Работа, сделанная Дэви за семнадцать лет, прошедших с тех пор, как он начал изучать химию, рассматриваем ли мы ее просто как вклад в химическую науку или в свете влияния, которое она оказала на исследования других, имела первостепенное значение; но теперь перед ним начало открываться новое поле, с которого ему было суждено пожинать самые богатые плоды. Осенью 1815 года его внимание было привлечено к проблеме противопожарной сырости в угольных шахтах. Когда он проезжал через Ньюкасл, возвращаясь из отпуска, проведенного в шотландском нагорье, он обследовал различные угольные шахты и собрал образцы горючей жидкости; в декабре того же года его *предохранительная лампа* была усовершенствована, и вскоре после этого она оказалась в руках шахтера.

Этапы открытия этого ценного инструмента были вкратце таковы. Дэви установил тот факт, что горючая жидкость представляет собой соединение углерода и водорода; он обнаружил, что этот газ должен быть смешан с большим количеством обычного воздуха, прежде чем смесь станет взрывоопасной, что температура, при которой происходит этот взрыв, высока и что при взрыве выделяется лишь небольшое количество тепла; он обнаружил, что взрывоопасную смесь нельзя поджигать в узких металлических трубках, а также что ее сделали невзрывоопасной путем добавления углекислоты или азота. Он рассуждал об этих фактах так: "Мне пришло в голову, что, поскольку для воспламенения огнезащитной смеси требовалось *значительное* количество тепла и поскольку при горении она выделяла сравнительно *небольшую* степень тепла, эффект углекислоты и азота, а также поверхностей небольших трубок в предотвращении ее взрыва зависел от их охлаждающей способности - от того, что они понижали температуру взрывающейся смеси настолько, что ее уже было недостаточно для ее непрерывного воспламенения". Он сразу же приступил к изготовлению лампы, в которой невозможно было бы достичь температуры воспламенения смеси горючей влаги и воздуха, и которая, следовательно, во время горения могла быть заполнена этой смесью без какой-либо опасности взрыва. Он окружил пламя масляной лампы цилиндром из тонкой проволоочной сетки; эта лампа, помещенная в атмосферу, содержащую влагу от огня и воздух, не могла вызвать взрыва, потому что, хотя внутри проволоочного цилиндра могли происходить небольшие взрывы, большая металлическая поверхность отводила так много тепла, что температура взрывоопасной атмосферы снаружи лампы не могла достичь той точки, при которой произошел бы взрыв.

В 1818 году сэр Хамфри Дэви получил титул баронета в знак признания его больших заслуг как изобретателя предохранительной лампы; а в 1820 году он был избран на самую почетную должность, которую может занимать человек науки в этой стране, он стал президентом Королевского общества.

В течение семи лет его ежегодно переизбирали президентом, и все это время он был центральной фигурой в научном обществе Англии. В течение этих лет он продолжал свои исследования в основном по электрохимическим дисциплинам и различным отраслям прикладной науки. В 1826 году его здоровье начало ухудшаться. Приступ паралича в тот год вынудил его отказаться от большей части своей работы. Он уехал за границу и путешествовал по Италии и Тиролю, иногда достаточно окрепший, чтобы немного пострелять или порыбачить, или даже провести электрические эксперименты; иногда запертый в своей комнате или занимающийся только легкими физическими упражнениями. Он подал в отставку с поста президента Королевского общества в 1827 году. В 1828 году он посетил Рим, где на него снова напал паралич, и он думал, что умирает, но он достаточно оправился, чтобы попытаться вернуться домой. В Женеве он тяжело заболел и скончался в этом городе 29 мая 1829 года.

В эти последние годы болезни и страданий его сильная любовь к Природе и восторг от нее были совершенно очевидны; он снова вернулся к простым вкусам и удовольствиям своих первых дней. Его глубокое знание природных явлений, достопримечательностей и звуков сельской жизни бросается в глаза в "Сальмонии, или Днях ловли нахлыстом", написанной в последние годы его жизни.

Сэр Хамфри Дэви был поистине гением. Он был полон страстного желания познать тайны мира, в котором жил; он смотрел вокруг себя с удивлением и восторгом, всегда осознавая необъятность явлений, открывавшихся его взору; избыток жизни и энергии отмечал его действия; трудности встречались ему только для того, чтобы их преодолеть; его не угнетали никакие несчастья, не останавливали никакие препятствия, никакие соблазны не уводили от его цели и не держали в рабстве никакие ложные аналогии.

Его работа всегда должна оставаться образцом для изучающих науку. Закладывается тщательный фундамент фактов; на нем выдвигаются гипотезы, которые должны быть проверены сначала рассуждениями и аргументацией, затем лабораторными испытаниями, которые одни являются окончательными. Используются аналогии; намеки охотно подхватываются, исследуются и принимаются к действию или отвергаются. Когда он работает в лаборатории, мы видим, как его ум охватывает всю область химических знаний, находя решение трудности здесь или предполагая решение там; комбинируя, по-видимому, самые разные факты; исследуя явления, которые, по-видимому, не имеют никакой связи; никогда не задерживаясь слишком долго на гипотезе, которая не может дать какой-либо ключ к объекту исследования, но быстро находя путь, который приведет к желаемому решению.

Как и многие великие экспериментаторы, Дэви творил чудеса с помощью небольшого оборудования. Когда он впервые отправился за границу, то взял с собой две маленькие коробочки, одну двадцати, а другую двенадцати дюймов в длину, примерно семи дюймов в ширину и четырех в глубину. С помощью прибора, содержащегося в этих ящиках, он установил элементарную природу йода и произвел грубую оценку его атомного веса; он установил многие из его аналогий с хлором, доказав, что, подобно хлору, он заметно электроотрицателен и что его соединения разлагаются хлором; он осуществил синтез иодистоводородной кислоты и приблизительно определил состав иодида азота. Но когда было необходимо использовать тонкий или мощный аппарат, он мог с его помощью также получать результаты первостепенной важности. Разложение поташа, соды, барита, извести и стронция не могло бы быть произведено, если бы в его распоряжении не было ресурсов хорошо оборудованной лаборатории.

У Дэви не было преемника в Англии. С его времен английскими химиками было проделано много полезной и даже блестящей работы, но мы все еще вспоминаем первую четверть века как золотой век химии в нашей стране. В списке, куда занесены имена величайших сынов Англии, значится только один химик — Хамфри Дэви.

Рассказывая о работах великого современника Дэви, Берцелиуса, я остановился на том времени, когда у него сложились вполне обоснованные дуалистические взгляды на структуру химических соединений и когда, применив несколько простых правил, касающихся комбинаций элементарных атомов, он в значительной степени расширил границы атомной теории Дальтона.

Берцелиус также проделал важную работу в области органической химии. Путем многочисленных анализов соединений животного и растительного происхождения он четко установил тот факт, что среди так называемых органических, как и среди неорганических соединений, преобладают те жезаконные сочетания, та же неизменность состава и те же общие

черты атомной структуры. Сделав это, он разрушил искусственный барьер, воздвигнутый между двумя отраслями науки, и таким образом подготовил почву для современной химии, которая добилась своих главных успехов в исследовании органических соединений.

Благодаря многочисленным и значительным усовершенствованиям, которые он внес в аналитическую химию, и публикации своего "Учебника химии", выдержавшего несколько изданий на французском и немецком языках, а также своего ежегодного отчета о прогрессе химии, Берцелиус оказал большое влияние на прогресс своей любимой науки. Велер рассказывает нам, что когда наступила весна, когда должен был быть подготовлен его годовой отчет, Берцелиус заперся в своем кабинете, обложился книгами и не отходил от письменного стола, пока работа не была закончена.

В последние дни своей жизни Берцелиус был сильно вовлечен в полемику с лидерами новой школы, расцвет и прогресс которой будет прослежен в следующей главе, но на протяжении всей этой полемики он находил время добавить много свежих фактов к уже известным. Он продолжал свои исследования до своей смерти в 1848 году.

Работа великого шведского химика отличается тщательностью во всех ее частях: ему казался важным каждый факт; хотя сейчас, возможно, это был лишь единичный факт, он видел, что когда-нибудь он найдет место в общей схеме классификации. Он в значительной степени работал по направлениям, изложенным Дальтоном и Дэви; огромное количество и точность его анализов установили закон множественных пропорций на надежной основе, а его попытки определить строение сложных атомов, одновременно продвигая атомную теорию Дальтона, привлекли внимание к важнейшему различию между атомом и молекулой и, таким образом, подготовили химиков к принятию обобщения Авогадро. Электрохимические концепции Дэви были модифицированы Берцелиусом; они были частично лишены своей эластичности, но стали более пригодными для того, чтобы стать основой жесткой теории.

По завершении этого переходного периода от Lavoisierian к современной химии, мы найдем аналитической химии создана как к искусству, мы найдем атомную теорию общепринятой, но мы замечаем существование много спорных ситуаций, связанных с неполучением различия Авогадро между атомом и молекулой; мы находим аналогии между химического сродства и электрическую энергию, положенная в основу системы классификации, которая касается каждого химического соединения атома (или молекулы), так как состоит из двух частей, в один из которых положительный, а другой отрицательный электроэнергии преобладает; и прилагаемые к этой системе классификации мы видим, что кислота уже не рассматривается как обязательно кислородную смесь, а соединение обладает определенными свойствами, которые, вероятно, из-за расположения элементарных атомов, среди которых водород появляется обычно чтобы найти место; мы видим, что соли по большей части рассматриваются как металлические производные кислот; и мы видим, что при разложении предполагается элементарных веществ, поташ, соду, извести и т. д., количество элементов было продлено применение нового инструмента исследования была блестяще вознаградила, и Lavoisierian описание ООО "Элемент" как "достичь, не достижимый, ограничения исследования" было подчеркнуто.

СНОСКИ:

[9] История и значение этих терминов рассматриваются на стр. 171, *и далее*.

[10] Объяснение этого выражения "химическое сродство" см. стр. 206, *и далее*.

[11] Эти взгляды уже объяснялись на стр. 182, 183.



ГЛАВА V.

РАБОТА ГРЭМА.

Томас Грэм, 1805-1869.

Работа Грэма, поскольку она в основном касалась развития концепции атомов, связывает время Дальтона с тем, в котором мы сейчас живем. Поэтому я счел целесообразным посвятить короткую главу рассмотрению дела всей жизни этого химика, прежде чем перейти к третьему периоду химического прогресса, а именно к тому, который стал свидетелем развития органической химии благодаря трудам людей, которые были современниками Грэхема.

Существующие печатные материалы, описывающие историю жизни Грэма, очень скудны, но поскольку, судя по рассказам его друзей, он полностью посвятил себя научным исследованиям, мы не можем сильно ошибиться, рассматривая историю его различных открытий так же, как и историю его жизни.

Томас Грэм родился в Глазго, 21 декабря 1805 года. Его отец, Джеймс Грэм, успешный фабрикант, был в состоянии дать своему сыну хорошее образование. После нескольких лет, проведенных в обычной школе, Грэм поступил в Университет Глазго в возрасте четырнадцати лет и пять лет спустя получил степень магистра. Отец Грэма намеревался, чтобы его сын стал прихожанином шотландской церкви; но под руководством доктора Томаса Томсона и других ученых мальчик проникся такой сильной любовью к естественным наукам, что вместо того, чтобы отказаться от своего любимого занятия, он решил быть независимым от своего отца и зарабатывать на жизнь самостоятельно. Его отец был очень раздосадован решимостью сына заниматься наукой и тщетно пытался принудить его стать священнослужителем. Ссора между отцом и сыном приобрела ожесточенный характер, и, несмотря на вмешательство друзей, отец отказался выделять сыну какие-либо средства на его содержание; и хотя прошло много лет после того, как было достигнуто примирение, все же в то время, когда Грэм больше всего нуждался в помощи отца, он был оставлен бороться в одиночку. Грэм отправился в Эдинбург, где продолжил учебу под руководством Хоуп и Лесли, профессоров химии и физики соответственно — людей, чьи имена были известны везде, где изучались естественные науки.

Мать Грэма, к которой он всегда испытывал величайшее уважение и самую теплую любовь, и его сестра Маргарет помогали ему, как могли, в это трудное время.

Молодой студент нашел какое-то литературное занятие и немного преподавал в Эдинбурге, и иногда его просили провести исследования по предметам, связанным с прикладной химией. Таким образом, он боролся в течение четырех или пяти лет, в течение которых начал публиковать статьи на химико-физические темы. В 1829 году он был назначен преподавателем химии в Механическом институте в Глазго, а в следующем году его перевели на более важную должность преподавателя той же науки в Андерсоновском институте в этом городе. Эту должность он занимал в течение семи лет, когда был избран профессором химии Лондонского университета (ныне Университетский колледж): годом ранее он был избран членом стипендии Королевского общества. За время своего пребывания в Андерсоновском институте Грэм приобрел известность как физико-химик; он начал свою работу над кислотами и солями и установил фундаментальные факты, касающиеся газовой диффузии. Эти исследования он продолжил в Лондоне, и с 1837 по 1854 год обогатил химическую науку серией статей, посвященных по большей части попыткам проследить движение атомов вещества.

В 1854 году Грэм сменил сэра Джона Гершеля на важной и почетной должности начальника монетного двора. В течение нескольких лет после своего назначения он был много занят своими служебными обязанностями, но примерно в 1860 году он снова вернулся к своим атомным исследованиям, и в своих статьях о "Испарении жидкостей" и о "Диализе" он многое сделал в применении физических методов для решения химических проблем и открыл новые пути, путешествуя по которым, его преемники значительно расширили границы химической науки. Грэм почти всегда был на работе; его отпуска были "редкими и далеко не всегда". Примерно к 1868 году его общее состояние здоровья начало ухудшаться; осенью 1869 года, во время визита в Малверн, где он искал отдыха и бодрящего воздуха, он простудился, что переросло в воспаление легких. По возвращении в Лондон болезнь была преодолена медикаментозными средствами, но он продолжал оставаться очень слабым и постепенно слабел, пока 16 сентября 1869 года не наступил конец.

Я уже говорил, что семь лет, в течение которых Грэм читал лекции по химии в Андерсоновском институте в Глазго, были свидетелями начала как его работ по солям, так и по газовой диффузии. Он показал, что существует ряд соединений различных солей, *например*, хлорида кальция, хлорида цинка и т.д., со спиртом. Он сравнил спирт в этих солях, которые он назвал *алкоатами*, с водой в обычных кристаллизованных солях и таким образом привлек внимание химиков к важной роли, которую вода играет в определении свойств многих веществ. Три года спустя (1833) появилась одна из его наиболее важных работ, касающаяся общей концепции кислот: "Исследования арсенатов, фосфатов и модификаций фосфорной кислоты". Химики того времени знали, что фосфорная кислота, то есть вещество, получаемое добавлением воды к пятиокиси фосфора, проявляет множество особенностей, но они по большей части довольствовались тем, что оставляли их необъясненными. Грэхем, следуя аналогии, которую он уже установил между водой и щелочами, приготовил и тщательно определил состав ряда фосфатов и пришел к выводу, что пятиокись фосфора способна соединяться с основанием, скажем, с содой, в трех различных пропорциях и, таким образом, получать три разных фосфата соды. Но поскольку Грэхем принял ту точку зрения, которая рассматривает соль как металлическое производное кислоты, он предположил, что должны существовать три различные фосфорные кислоты; эти кислоты он обнаружил в веществах, образующихся при

действию воды на оксид фосфора. Он показал, что точно так же, как оксид соединяется с основанием в трех пропорциях, он соединяется и с водой в трех пропорциях. Эту воду он рассматривал как химический аналог основания в трех солях, один атом (теперь мы скорее должны сказать молекулу) основания можно было заменить одним атомом воды, два атома основания - двумя атомами воды или три атома основания - тремя атомами воды. Поэтому Грэхем рассматривал фосфорную кислоту как соединение пятиоксида фосфора и воды, причем последняя является такой же существенной частью кислоты, как и первая. Он различал *одноосновную*, *двухосновную* и *трехосновную* фосфорные кислоты: при действии основания на *одноосновную кислоту* образуется одна и только одна соль; *двухосновная кислота* может давать две соли, содержащие разные пропорции (или разное количество атомов) одного и того же основания: а из *трехосновной кислоты* можно получить три соли, содержащие одно и то же основание, но в разных пропорциях.

Таким образом, подтвердился взгляд Дэви на кислоту как на соединение воды с отрицательным оксидом, и в химическую науку была добавлена концепция *кислот различной основности*.

В 1836 году статья Грэма "Вода как составная часть солей" была опубликована в "Трудах Королевского общества Эдинбурга". В этой статье он исследует, можно или не можно удалить воду из кристаллических солей, не разрушая химическую индивидуальность солей. Он обнаружил, что в некоторых кристаллических солях часть воды может быть легко удалена под действием тепла, но остальная часть - только при очень высоких температурах. Он проводит различие между теми атомами воды, которые по существу принадлежат составному атому соли, и теми атомами, которые могут быть легко удалены из него, которые как бы присоединены к атому соли или образованы вокруг него снаружи. В этой статье Грэхем начал отличать то, что сейчас называется *водой кристаллизации* от *воды конституции*, на это различие указывают некоторые исследования Дэви, но различие, которое со времен Грэхема оставалось в значительной степени просто вопросом номенклатуры.

В этих исследованиях Грэм подчеркивал необходимость присутствия водорода во всех настоящих кислотах; как он проводил аналогию между водой и основаниями, так и теперь он видел в водороде кислот аналог металла солей. Он рассматривал структуру составного атома кислоты как подобную структуре составного атома соли; атом или атомы водорода в кислоте были заменены атомом или атомами металла, и таким образом был получен составной атом соли.

Дэви и Берцелиус доказали, что водород обладает заметным электроположением; Грэхему показалось, что водород относится к классу металлов. Выдвигая эту смелую гипотезу, Грэхем неизбежно уделял мало внимания тем свойствам металлов, которые вызывают к чувствам наблюдателя. Металлы как класс представляют собой блестящие, тяжелые, податливые вещества; водород - бесцветный, не имеющий запаха, невидимый, очень легкий газ: как же тогда можно назвать водород металлическим?

Я снова и снова настаивал на необходимости воображения для успешного изучения естественных наук. Хотя в науке мы имеем дело с явлениями, которые хотим измерить, взвесить и описать определенным и четким языком, успешным исследователем науки является только тот, кто может проникнуть под поверхность вещей, кто может формировать ментальные картины, отличные от тех, которые предстают перед его физическим взором, и поэтому может

различить сложные и, по-видимому, нерегулярные аналогии, объясняющие явления, которые ему предстоит изучать.

Грэм, насколько мы можем судить, не был наделен, подобно Дэви, чувствительной натурой поэта, однако его работа о водороде доказывает, что он обладал значительной долей дара воображения. Представляя себе атом водорода, по своим химическим функциям сходный с атомом металла, он проследил этот легкий невидимый газ по многим извилистым маршрутам: он показал, как он поглощается и удерживается (*закупорен*, как он сказал) многими металлами; он обнаружил его в метеоритах, прилетевших из далеких областей космоса; и, наконец, за год до своей смерти он приготовил сплав палладия и металлического водорода, из которого было отчеканено несколько медалей с надписью "Палладий-гидрогений 1869".

В течение последних нескольких лет водород был сжижен и, как говорят, затвердел. Твердый водород описывается как вещество стального цвета, которое упало на стол со звуком, похожим на звон металла.

Но самая важная работа Грэхема была связана с движением элементарных частиц тел.

Он использует слово "атом" почти так же, как Далтон. Он не делает различия между атомом элемента и атомом соединения, но, по-видимому, использует этот термин как удобный для обозначения мельчайшей неделимой частицы любого химического вещества, которая проявляет свойства этого вещества. Поскольку Грэхема в основном интересовали физические свойства химических веществ или те свойства, которые одинаково изучаются химией и физикой, различие между атомом и молекулой, столь важное в чистой химии, могло быть упущено им и в значительной степени было упущено. Однако при рассмотрении его работы нам не помешает использовать термины "атом" и "молекула" в том смысле, в каком они сейчас всегда используются в химии, смысл, который уже обсуждался (см. стр. 139-143).

За много лет до того, как Грэм начал свою работу, был зафиксирован, но не объяснен любопытный факт. В 1823 году Деберейнер наполнил стеклянную банку водородом и дал ей постоять над водой: вернувшись через двенадцать часов, он обнаружил, что вода поднялась в банке примерно на полтора дюйма. Внимательный осмотр банки показал наличие небольшой трещины в стекле. Множество банок, тюбиков и колб, все с небольшими трещинами в стекле, были наполнены водородом и выдержаны над водой; в каждом случае вода в сосуде поднималась. Однако никакого подъема воды не было заметно, если сосуды были заполнены обычным воздухом, азотом или кислородом.

В 1831 году Грэм начал исследование необычного явления, наблюдаемого Деберейнером. Повторяя эксперименты Деберейнера, Грэм обнаружил, что часть водорода в треснувших сосудах выходит наружу через небольшие трещины, а внутрь попадает немного воздуха: следовательно, вода в банке, пробирке или колбе поднимается, потому что на поверхность воды снаружи оказывалось большее давление, чем внутри сосуда. Любой газ легче воздуха ведет себя подобно водороду; когда использовались газы тяжелее воздуха, уровень воды внутри сосуда немного понижался через несколько часов.

Грэм обнаружил, что прохождение газов через крошечные отверстия можно было бы гораздо точнее изучить, поместив исследуемый газ в стеклянную трубку, один конец которой был закрыт пробкой из сухого парижского гипса, чем используя сосуды с небольшими трещинами в стекле.

The *Диффузионная трубка*, используемая Грэмом, обычно состояла из куска стеклянной трубки с градуировкой в доли кубического дюйма и выдуваемой колбой на одном конце; короткий конец закрывался тонкой пробкой из сухого гипса, трубка заполнялась исследуемым газом, а открытый конец немедленно погружался в воду. Воде давали подниматься до тех пор, пока она не достигла постоянного уровня, когда было обнаружено, что весь газ, первоначально находившийся в трубке, вышел наружу через пористую пробку, а воздух прошел внутрь. Поскольку объем газа, первоначально находившегося в трубке, был известен, и объем воздуха в трубке в конце измеряемого эксперимента, было необходимо только разделить первое на последнее число, чтобы получить количество объемов газа, вышедших наружу, для каждого объема воздуха, прошедшего внутрь; другими словами, чтобы получить *скорость диффузии* исследуемого газа по сравнению с воздухом.

Результаты Грэма были собраны воедино в заявлении: "Скорости диффузии любых двух газов обратно пропорциональны квадратным корням из их плотностей". Итак, возьмем кислород и водород: кислород в шестнадцать раз тяжелее водорода, следовательно, водород диффундирует в четыре раза быстрее, чем кислород. Возьмем водород и воздух: удельный вес водорода равен $0 \cdot 0694$, воздуха равен 1; квадратный корень из $0 \cdot 0694$ равен $0 \cdot 2635$, следовательно, водород будет диффундировать быстрее, чем воздух, в соотношении $0 \cdot 2635: 1$.

В 1846-1849 годах Грэм возобновил это исследование; теперь он различал *диффузию*, или прохождение газов через пористые пластины, и *транспирацию*, или прохождение газов по капиллярным трубкам. Он показал, что при использовании достаточно большой капиллярной трубки скорость испарения газа становится постоянной, но что она совершенно отличается от скорости диффузии того же газа. Он установил тот факт, что существует некоторого рода связь между скоростью испарения и химическим составом газов, и, сделав это, открыл область исследований, при культивировании которой за последние несколько лет было получено много важных результатов и которой, несомненно, суждено принести более ценные плоды в будущем.

Возвращаясь к диффузии газов, Грэхем после почти тридцатилетнего более или менее постоянного труда начинает немного размышлять о причинах явлений, которые он так старательно и настойчиво исследовал. В своей статье "Молекулярная подвижность газов", прочитанной Королевскому обществу в 1863 году, после описания новой диффузионной трубки, в которой вместо парижской штукатурки использовались тонкие пластины искусственного графита, Грэм говорит: "Поры искусственного графита кажутся на самом деле настолько крошечными, что газ *по массе* вообще не может проникнуть через пластину. Кажется, что проходить могут только молекулы; и можно предположить, что они проходят совершенно беспрепятственно из-за трения, поскольку мельчайшие поры, которые, как можно себе представить, существуют в графите, должны быть туннелями размером с последний атом газообразного тела". Затем он кратко описывает молекулярную теорию вещества и показывает, как эта теория — краткий обзор которой, насколько это касается нас, в этой книге дан на стр. 123-125, — объясняет полученные им результаты. Когда газ проходил через пористую пластину в вакуум или когда один газ проходил в одном направлении, а другой - в противоположном через одну и ту же пластину, Грэхем видел, как молекулы каждого газа проносятся по "туннелям" графита или штукатурки. Средняя скорость, с которой молекулы газа устремлялись вперед, была скоростью диффузии этого газа. Чем легче газ, тем быстрее было движение его молекул. Если бы смеси двух газов, один из которых намного легче другого, было позволено проходить через пористую пластину, более легкий газ проходил бы намного быстрее, чем более тяжелый

газ, что, вероятно, могло бы произойти частичное разделение этих двух веществ. Грэхем осуществил такое разделение кислорода и водорода, а также кислорода и азота; и он описал простой прибор, с помощью которого можно осуществить этот процесс *расщепления атмосферы*, как он его назвал.

Термолизер для трубок Грэма *tube atmolyser* состоял из длинного стержня табачной трубки, помещенного внутрь довольно короткой и значительно более широкой стеклянной трубки; стержень трубки фиксировался путем прохождения через две пробки, по одной на каждом конце стеклянной трубки; через одну из этих пробок также проходил короткий кусок стеклянной трубки. Когда использовался инструмент, кусок короткой стеклянной трубки соединялся с воздушным насосом, а один конец стержня трубки - с газовой смесью, скажем, с обычным воздухом. При приведении в действие воздушного насоса газовой смеси давали медленно течь по стержню трубы; более легкий ингредиент смеси выходил наружу через стержень трубы в широкую стеклянную трубку быстрее, чем более тяжелый ингредиент, и уносился к воздушному насосу; более тяжелый ингредиент мог быть собран и смешан лишь с небольшим количеством более легкого на другом конце стержня трубы. Как наиболее наглядно выразил это Грэм, "Поток газа уменьшается по мере продвижения, подобно реке, текущей по всепроникающему руслу".

Затем Грэм провел очень простой эксперимент, с помощью которого ему удалось измерить скорость движения молекул углекислоты. Он добавил немного углекислоты в нижнюю часть высокого цилиндрического сосуда и по истечении определенных фиксированных промежутков времени определил количество углекислоты, которая диффундировала вверх по воздуху в самый верхний слой сосуда. Зная высоту сосуда, он теперь знал расстояние, через которое проходит небольшая порция углекислоты за установленное время, и, считая, что эта небольшая порция состоит из огромного количества молекул, движущихся примерно с одинаковой скоростью, он определил среднюю скорость молекул углекислоты. Аналогичный эксперимент был проведен с водородом. Общие результаты заключались в том, что молекулы углекислоты перемещаются в неподвижном воздухе со скоростью, равной семидесяти трем миллиметрам в минуту, и что при тех же условиях молекулы водорода движутся со скоростью, равной примерно одной трети метра в минуту.^[12]

Бакерианская лекция 1849 года, прочитанная Грэмом перед Королевским обществом, называлась "О диффузии жидкостей". В этой статье он описывает очень большое количество экспериментов, проведенных с целью определения скорости, с которой соль в водном растворе диффундирует или проходит вверх в слой чистой воды над ней, при этом раствор соли и вода не разделяются никакой промежуточной средой. Метод Грэма состоял в том, что он полностью заполнял маленькую бутылочку солевым раствором известной крепости, помещал эту бутылочку в градуированный сосуд большего размера и осторожно наполнял последний водой. Отмеренные порции воды из большего сосуда отбирали через установленные промежутки времени и определяли количество соли в каждой порции. Грэм обнаружил, что в этих условиях соли диффундировали с очень разной скоростью. Группы солей демонстрировали равные скорости диффузии. По-видимому, не было определенной связи между молекулярными массами солей и скоростями их диффузии; но поскольку Грэхем постоянно рассматривал диффузию, будь то газов или жидкостей, в основном как результат движения мельчайших частиц, он подумал, что частицы, которые перемещались как единое целое во время диффузии, вероятно, состояли из групп того, что можно было бы назвать химическими молекулами — другими словами, Грэхем распознал различные порядки мелких частиц. Поскольку

предполагалось, что атом имеет более простую структуру, чем молекула (если у него вообще была структура), то, вероятно, существовали группы молекул, которые при определенных условиях вели себя как отдельные частицы с определенными свойствами.

Как Грэм применил диффузию газов для разделения двух газов неодинаковой плотности, так и он применил диффузию жидкостей для разделения различных солей в растворе. Он показал также, что некоторые сложные соли, такие как квасцы, были частично разделены на свои составляющие в процессе диффузии.

Продолжение этих исследований привело к наиболее важным результатам, которые были собраны воедино в статье "Диффузия жидкости в применении к анализу", зачитанной Королевскому обществу в 1861 году.

Грэм разделил вещества на те, которые легко и быстро диффундируют в воду, и те, которые диффундируют очень медленно; он показал, что все первые были кристаллизующимися веществами, в то время как вторые были некристаллизующимися желеобразными телами. Грэм назвал эти желеобразные вещества *коллоидами*; легко диффундирующие вещества он назвал *кристаллоидами*. Он доказал, что коллоидное вещество действует на кристаллоид во многом так же, как вода; что кристаллоид быстро диффундирует через коллоид, но что сами по себе коллоиды не способны диффундировать через другие коллоиды. На этом факте был основан предложенный Грэмом процесс *диализа*. В качестве коллоида он использовал лист пергаментной бумаги, который натягивал на деревянное кольцо или каучук, и плавал таким образом сконструированным устройством — *диализатором* — на поверхности чистой воды в стеклянной посуде; затем он наливал в диализатор смесь веществ, которые требовалось разделить. Предположим, что эта смесь содержала сахар и камедь; кристаллоидный сахар вскоре прошел через пергаментную бумагу и был обнаружен в воде снаружи, но коллоидная камедь осталась в диализаторе.

Если смесь в диализаторе содержала два кристаллоида, то большая часть наиболее диффузионных из них проходила через пергамент за короткое время вместе с небольшим количеством менее диффузионных; таким образом, происходило частичное разделение.

Этот метод диализа был применен Грэмом для разделения и получения в чистом виде многих коллоидных модификаций химических соединений, таких как гидраты алюминия и олова и др. Своим изучением этих своеобразных веществ Грэхем ввел в химию новый класс тел и открыл большие области исследований.

Вещество в коллоидном состоянии, по-видимому, наделено свойствами, которые совершенно отсутствуют или скрыты, когда оно находится в обычном кристаллоидальном состоянии. На коллоиды легко влияют малейшие изменения внешних условий; это в высшей степени нестабильные тела; они, по словам Грэхема, всегда находятся на грани надвигающегося изменения, и мельчайшие нарушения в окружающих условиях могут ускорить это изменение в любой момент. Кристаллоиды, с другой стороны, стабильны; они обладают определенными свойствами, которые не изменяются без одновременных значительных изменений окружающих условий. Но хотя, используя слова Грэхема, эти классы тел "выглядят как разные миры материи", между ними пока нет четко выраженной разделительной линии. Лед — это вещество, которое при обычных условиях проявляет все свойства кристаллоидов, но лед, образующийся при контакте с водой непосредственно при температуре замерзания, мало чем отличается от массы

частично высохшей смолы; он не имеет кристаллической структуры, но его можно разорвать и расколоть, как комок клея, и, подобно клею, отломанные кусочки можно снова спрессовывать вместе и заставить слипнуться в одну массу.

"Могут ли какие-либо факты, - спрашивает Грэм, - более убедительно проиллюстрировать максимум о том, что в природе не бывает резких переходов и что классовые различия никогда не бывают абсолютными?"

В свойствах коллоидов и кристаллоидов Грэм увидел показатель разнообразия молекулярной структуры. Мельчайшая отдельная частица коллоида представлялась ему гораздо более сложной структурой, чем мельчайшая частица кристаллоида. Коллоидная молекула, по-видимому, образовалась в результате объединения нескольких кристаллоидальных молекул; можно было ожидать, что такая сложная структура легко претерпит изменения, тогда как более простая молекула кристаллоида, вероятно, будет обладать более определенными и менее легко изменяемыми свойствами.

В этом исследовании Грэм снова, как это часто бывало прежде, пришел к концепции различных порядков малых частиц. На заре теории Дальтона казалось, что признание атомов как элементарных частиц, при соединении которых образуются массы того или иного вида материи, было бы достаточно для объяснения всех фактов химических сочетаний; но применение Дальтоном термина "атом" как к элементам, так и к соединениям подразумевало, что атом сам по себе может состоять из частей и что один атом может быть более сложным, чем другой. Таким образом, путь был уже подготовлен для признания более чем одного порядка атомов, признания, которое было сформулировано через три года после появления "Новой системы" Дальтона в утверждении Авогадро: "Равные объемы газов содержат равное количество молекул"; поскольку мы видели, что применение этого утверждения к реально происходящим реакциям между газами обязывает нас признать, что молекулы водорода, кислорода и многих других элементарных газов состоят из двух различных частей, или атомов.

Берцелиус, правда, формально не принимал обобщение Авогадро; но мы видели, что концепция атома, проходящая через его работу, - это концепция не неделимой частицы, а скорее небольшой индивидуальной части материи с определенными свойствами, из которой построена масса материи, распознаваемая нашими органами чувств, подобно тому, как стена строится из отдельных кирпичей. И как кирпичи сами по себе сделаны из глины, которая, в свою очередь, состоит из кремнезема и оксида алюминия, так и каждая из этих маленьких частей материи может быть построена из меньших частей; только поскольку глина не является кирпичом, и ни кремнезем, ни оксид алюминия не являются глиной, так и свойства частей атома — если у него есть части — не являются свойствами атома, и масса вещества, построенная из этих частей, не будет обладать теми же свойствами, что масса вещества, построенная из самих атомов.

Еще одна особенность работы Грэма заключается в том, что он уделяет большое внимание тому взгляду на химическое соединение, который рассматривает его как результат действия и реакции частей соединения. Как Дэви рассматривал кажущуюся стабильность химических соединений как результат равновесия противоборствующих сил, так и Грэхему казалось, что кажущийся неизменным характер любого химического вещества обусловлен упорядоченными изменениями, которые постоянно происходят между молекулами, из которых состоит вещество.

Кусочек извести или капля воды были для Грэхема ареной непрерывной борьбы, ибо этот ничтожный участок материи представлялся ему состоящим из почти бесчисленных мириадов маленьких частичек, каждая из которых находится в более или менее быстром движении, то ударяясь одна о другую, то освобождаясь на небольшое пространство. Вмешайтесь в эти движения, измените взаимное действие этих мельчайших частиц, и все здание развалится на куски.

Более тридцати лет Грэм довольствовался тем, что отслеживал движения молекул. В течение этого времени он с глубокой и целеустремленной преданностью посвятил себя изучению молекулярной науки. Не испуганный в ранней юности лишением отца поддержки; необразованный в зрелом возрасте искушениями технической химии, поддавшись которымон вскоре заработал бы состояние; не ослепленный в последние дни почестями положения, которого он достиг, Грэхем посвятил свою жизнь более благородной цели - расширению границ естественных знаний и, таким образом, дополнению тех истин, которые должны всегда оставаться на благо и развитие человечества.

СНОСКИ:

[12] Метр равен примерно тридцати девяти дюймам; миллиметр - это одна тысячная часть метра.



ГЛАВА VI.

РАСЦВЕТ И ПРОГРЕСС ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ —ПЕРИОД ЛИБИХА И ДЮМА.

Justus Liebig, 1803-1873. Жан Батист Андре Дюма, родился в 1800 году.

Я еще почти ничего не сказал о прогрессе органической химии, рассматриваемой как особая отрасль науки. Однако именно в этом отделе были одержаны величайшие победы, знаменующие третий период химического прогресса. Поэтому сейчас мы должны обратить наше внимание на работу, которая была проделана здесь.

Древние не проводили такого различия между частями своих химических знаний, какими бы ограниченными они ни были, как подразумевается современными терминами "органическая" и "неорганическая химия". Органическая кислота — уксусная — была одним из самых ранних известных веществ, относящихся к классу кислот; многие химические процессы, применявшиеся в старину, были связаны с производством таких веществ, как мыло, кожа или камедь, которые мы теперь должны называть органическими веществами. Ранние алхимики, хотя и работали в основном с минеральными или неорганическими веществами, также не

проводили какого-либо строгого разделения между двумя разделами химии. Химики-медики шестнадцатого века много работали с веществами, получаемыми из растений и животных, такими как бензойная и янтарная кислоты, винный спирт, масла и т.д. Но ни в своей номенклатуре, ни в своей практике они не проводили четкого различия между неорганическими соединениями и органическими. Они говорили о *квинтэссенции* мышьяка и *квинтэссенции* алкоголя; термин "масло" они применяли как к продуктам действия кислот на соли металлов, так и к веществам, получаемым из овощей. Но к концу семнадцатого века, в то время, когда флогистическая теория начала приобретать преобладающее значение, мы обнаруживаем, что постепенно возникает разделение химических веществ на минеральные, животные и растительные - разделение, основанное скорее на рассмотрении источников, из которых были получены вещества, чем на свойствах самих веществ, и, следовательно, по существу нехимическое.

Примерно через столетие после этого начали предприниматься систематические попытки проследить некоторые особенности состава, присущие всем соединениям органического, то есть животного или растительного, происхождения. Поскольку очень многие из известных тогда веществ, относящихся к этому классу, были более или менее маслоподобны по своим свойствам - масла, жиры, бальзамы, камеди, сахар и т.д. — считалось, что органические вещества обычно характеризуются наличием в них *принципа масла*.

Подобное утверждение, хотя и соответствовало концепциям того времени, не могло быть принято, когда Лавуазье показал химикам, как следует исследовать Природу. С определенной концепцией элемента, введенной новой химией, появилась попытка доказать, что органические соединения состоят из элементов, которые редко встречаются вместе в каком-либо одном соединении неорганического происхождения. Вещества растительного происхождения, по словам Лавуазье, состоят из углерода, водорода и кислорода, в то время как фосфор и азот, в дополнение к этим трем элементам, входят в состав веществ, полученных от животных. Но и это определение органических соединений не могло быть поддержано перед лицом фактов. Воск и многие масла содержали только углерод и водород, хотя они, несомненно, были веществами растительного или животного происхождения. Если бы присутствие любых двух из трех элементов, углерода, водорода и кислорода, рассматривалось как достаточный критерий для классификации соединения, то было необходимо, чтобы углекислоту, полученную при воздействии минеральной кислоты на мел, называли органическим соединением.

Берцелиусу принадлежит честь быть химиком, который первым применил общие законы химического сочетания ко всем соединениям одинаково, независимо от того, получены ли они из минералов, животных или овощей. Конечные частицы, или молекулы, каждого соединения рассматривались Берцелиусом как состоящие из двух частей, каждая из которых сама по себе могла быть элементарным атомом или группой элементарных атомов. Одна из этих частей, по его словам, характеризовалась положительным, а другая - отрицательным электричеством. Каждая составная молекула, независимо от природы или количества составляющих ее элементарных атомов, представляла собой двойную структуру (см. стр. 164). Органическая химия снова стала термином, несколько свободно применяемым к соединениям, полученным из животных или овощей, или при образовании которых было необходимо участие живых существ. Большинство, если не все, этих соединений содержали углерод и некоторые другие элементы, особенно водород, кислород и азот.

Но прогрессу этой области химии препятствовало отсутствие каких-либо надежных методов анализа соединений, содержащих углерод, кислород и водород. Эта потребность должна была быть удовлетворена, и наука органической химии, как и химия в целом, должна была значительно продвинуться вперед благодаря трудам новой школы химиков, главными среди которых были Либих и Дюма.

Давайте вкратце проследим за работой этих двух известных натуралистов. Труд всей жизни первого завершен; я пишу эту историю о прогрессе его любимой науки в восемьдесят второй день рождения второго из этих великих людей, который все еще с нами, увенчанный славой ветеран, настоящий солдат в битве против невежества, а значит, и против нужды и преступности.

Юстус Либих родился в Дармштадте 12 мая 1803 года. Вскоре будут рассказаны основные факты, характеризующие его жизнь, если не считать работы химиком. Проявив вкус к проведению экспериментов, он был отдан отцом в ученики к аптекарю. К счастью для науки, он недолго оставался изготовителем лекарств, но ему разрешили поступить в Боннский университет на медицинский факультет. Из Бонна он отправился в Эрланген, университет которого окончил в 1821 году. За год или два до этого Либих начал свою карьеру исследователя природы, и он уже добился таких успехов, что великого герцога Гессен-Дармштадтского убедили назначить ему небольшую пенсию и позволить продолжать свои исследования в Париже, который в то время был почти единственным местом, где он мог надеяться найти условия для успешного изучения научной химии. Соответственно, в Париж он отправился в 1823 году. Ему так повезло — благодаря благосклонности известного натуралиста Александра фон Гумбольдта, — что ему разрешили войти в лабораторию Гей-Люссака, где он продолжил исследования класса взрывчатых веществ, называемых *фульминатами*, которые он начал перед отъездом из Дармштадта.

Год спустя Либиха пригласили вернуться в его родную страну в качестве профессора химии в небольшом университете Гиссена — имя, которое вскоре стало известно везде, где изучалась химия, и теперь им дорожат многие выдающиеся химики, которые там узнали, что подразумевается под научным изучением природы.

За год до того, как Либих поступил в лабораторию Гей-Люссака, в Париж приехал молодой и полный энтузиазма студент, который уже успел заявить о себе в научном мире своими физиологическими исследованиями и который теперь собирался начать свою карьеру химика.

В южной части Франции, которая богата воспоминаниями о римской оккупации, недалеко от остатков великого акведука, пересекающего долину Гардон, недалеко от знаменитых городов Арль и Ним, 14 июля 1800 года в городке Алэ родился Жан Батист Андре Дюма.

Отец Дюма был человеком высокой культуры; он дал своему сыну такое хорошее образование, какое только можно было получить в маленьком городке, где он родился. В четырнадцать лет юный Дюма был хорошим знатоком классической литературы и приобрел неплохие познания в области естествознания. Если бы не его недостаток в математике, он, вероятно, сдал бы экзамен, который допускал тех, кто его сдал, к поступлению во французский военно-морской флот. Но прежде чем он исправил свои математические недостатки, беспокойный характер

времени (1814-15) вынудил его родителей подумать о какой-нибудь другой профессии для своего сына, которая повлекла бы за собой меньшие жертвы с их стороны.

Как и его великий коллега по загробной жизни, он был отдан в ученики аптекарю и, подобно ему, вскоре оставил эту сферу полезной деятельности.

Желая получить больше возможностей для изучения естественных наук и подавленный бедствиями, которые война принесла в округ, где он родился, Дюма убедил отца разрешить ему поехать в Женеву. В Женеве Дюма нашел атмосферу, более подходящую для его научного прогресса; химию, физику, ботанику и другие отрасли естествознания преподавали люди, чьи имена были известны повсюду. Он начал химические эксперименты с самым грубым и ограниченным аппаратом, но даже с ним он сделал открытия, которые впоследствии привели к важной работе над объемами, занимаемыми атомами элементарных веществ.

Примерно в 1818 году Дюма познакомился с доктором Ж. Л. Прево, который вернулся после учебы во многих самых известных медицинских школах Европы. Приглашенный Прево присоединиться к расследованию, требующему медицинских, ботанических и химических знаний, Дюма приступил к серии исследований, которые вскоре перешли в область физиологии животных и проведением которых, преодолевая множество трудностей, он заложил основы своей будущей славы.

Но наряду со своей физиологической работой Дюма продолжал исследования расширения различных эфиров. Это потребовало получения ряда эфиров в состоянии чистоты; но Дюма обнаружил, что это так сложно, так много времени он потратил на эту предварительную работу и так заинтересовался химической частью исследования, что отказался от экспериментов по разложению и взялся за решение некоторых проблем, связанных с составом и химическими свойствами эфиров.

Дюма, вероятно, остался бы в Женеве, если бы в 1822 году ему не нанесли утренний визит. Однажды, когда он работал в своей лаборатории, кто-то постучал и получил приглашение войти. "Я был удивлен, оказавшись лицом к лицу с джентльменом в светло-голубом сюртуке с металлическими пуговицами, белом жилете, нанковых бриджах и высоких сапогах.... Носитель этого костюма, слегка наклонив голову, с глубоко посаженными, но пронизательными глазами, приблизился с приятной улыбкой, сказав: "Месье Дюма". "То же самое, сэр; но извините меня". "Я месье де Гумбольдт и не хотел проезжать через Женеву, не имея удовольствия повидаться с вами".... У меня был только один стул. Мой посетитель с удовольствием занял его, в то время как я снова занял свое возвышенное место на табурете для рисования.... "Я намерен, - сказал г-н де Гумбольдт, - провести несколько дней в Женеве, повидаться со старыми друзьями и завести новых, и особенно познакомиться с молодыми людьми, которые начинают свою карьеру. Ты будешь моим чичероне? Однако предупреждаю тебя, что мои прогулки начинаются рано и заканчиваются поздно. Итак, не могли бы вы быть в моем распоряжении, скажем, с шести утра до полуночи?" После нескольких дней, проведенных, как указывал Гумбольдт, великий натуралист покинул Женеву. Дюма рассказывает нам, что город показался ему пустым. "Я чувствовал себя словно околдованным. Незабываемые часы, проведенные с этим неотразимым чародеем, открыли моему сознанию новый мир". Дюма чувствовал, что он должен поехать в Париж — что там у него будет больше простора и возможностей для занятий наукой. Таким образом, несколько добрых слов, немного искреннего сочувствия и небольшая помощь

Гумбольдта помогли этим двум молодым людям, Либиху и Дюма, успешно начать свою научную карьеру.

В Париже, куда Дюма отправился в 1823 году, его встретили радушно. Вскоре он познакомился и завоевал дружбу великих людей, которые затем сделали естествознание столь почитаемым во французской столице. Когда наступил 1826 год, он стал профессором химии в Атенеуме и женился на даме, которую любил и которая с тех пор сражалась бок о бок с ним в жизненной битве.

Либих покинул Париж в 1824 году. К 1830 году он усовершенствовал и применил этот метод анализа органических соединений, который сейчас постоянно используется везде, где изучается органическая химия; в том же году Дюма впервые предупредил о нападках, которые он собирался предпринять на великую структуру дуализма, выдвинутую Берцелиусом. В статье "О некоторых моментах атомной теории", опубликованной в 1826 году, Дюма принял проведенное Авогадро различие между молекулами и атомами, или между мелкими частицами веществ, которые остаются неразделенными при физических действиях, и частицами меньшего размера, которые не разделяются при химических действиях. Но, к сожалению, Дюма не обозначил эти две концепции названиями, достаточно определенными, чтобы читатели его мемуаров могли четко помнить об этом различии. Термины "атом" и "молекула" были введены в химию в том точном значении, которое им придается сейчас, только спустя некоторое время после 1826 года.

Хотя идея двух порядков малых частиц лежит в основе всей экспериментальной работы, описанной Дюма в этой статье, однако полученные им числа, представляющие фактические атомные веса нескольких элементов — *например*, фосфора, мышьяка, олова, кремния, — показывают, что он сам не довел гипотезу Авогадро до ее законных выводов.

Через два года после этого Дюма использовал реакцию, в ходе которой при соединении одного объема водорода с одним объемом хлора образуются два объема газообразной соляной кислоты, в качестве аргумента, который вынудил его прийти к выводу, что, если принять физическую гипотезу Авогадро, молекулы водорода и хлора расщепляются каждая на две части при химическом соединении этих газов. Но Дюма в то время не пришел к выводу, что молекулярную массу водорода следует принимать равной удвоенной его атомной массе и что, поскольку водород является стандартным веществом, молекулярные массы всех газов должны быть представлены удельными весами этих газов, обозначаемыми водородом как 2.

Я уже кратко обсуждал метод определения относительных весов элементарных атомов, который основан на гипотезе Авогадро, и, я думаю, показал, что эта гипотеза приводит к определению "атома" как наименьшего количества элемента в одной молекуле любого соединения этого элемента (см. стр. 142).

Этот вывод из закона Авогадро теперь является неотъемлемой частью наших общих химических знаний. Мы удивляемся, почему это не сделал Дюма; но мы должны помнить, что с 1826 года была накоплена огромная масса фактов и что это определение "атома" постепенно навязывалось химикам совокупностью этих фактов.

Одна вещь, которую сделал Дюма, за что ему следует поблагодарить каждого химика; он увидел необходимость в удобном методе определения плотностей соединений в газообразном состоянии и удовлетворил эту потребность с помощью этого простого, элегантного и надежного

метода, все еще постоянно используемого, известного как *метод определения плотности паров Дюма*.

В то время как Дюма разрабатывал детали этого аналитического метода, которому было суждено стать столь мощным инструментом исследования, Либих был занят аналогичной работой; он совершенствовал процесс анализа органических соединений, который с тех пор сыграл столь важную роль в развитии этой отрасли химической науки. Процессы, использовавшиеся в течение первой четверти нынешнего столетия для определения количества углерода, водорода и кислорода в соединениях этих элементов, были сложными в проведении и давали ненадежные результаты. Либих перенял принцип метода, используемого Лавуазье, а именно. углерод в соединении может быть окислен или сожжен до углекислоты, а водород - до воды. Он изобрел очень простое устройство, с помощью которого можно было производить это горение, а продукты горения — углекислоту и воду - можно было задерживать и взвешивать. Аппарат Либиха и сейчас по существу остается таким, каким он был представлен химическому миру в 1830 году. Были внесены различные усовершенствования в детали; использование газа вместо древесного угля в качестве лабораторного топлива дало химикам большую власть над процессом горения, но на каждой детали устройства, которое сегодня используется в лаборатории, прослеживается отпечаток руки мастера. Взвешенное количество анализируемого вещества нагревают с оксидом меди в пробирке из твердого стекла; углерод сжигают до углекислоты, а водород - до воды за счет кислорода оксида меди. К трубке для сжигания присоединена утяжеленная трубка, содержащая хлорид кальция, вещество, которое легко соединяется с водой, и за этой трубкой следует набор из трех или более маленьких колб, выдуваемых в одном куске стекла и содержащих водный раствор едкого поташа, вещества, с которым легко вступает в соединение углекислота. Пробирку с хлоридом кальция и луковицы с калием взвешивают до и после эксперимента; увеличение веса первого представляет количество воды, а увеличение веса последнего - количество углекислоты, полученной при сжигании данного веса исследуемого соединения. Поскольку состав углекислоты и воды известен, количество углерода и водорода в ста частях соединения легко определить; разница между суммой этих величин и сотней представляет количество кислорода в ста частях соединения. Если соединение должно содержать элементы, отличные от этих трех, то эти другие элементы определяются специальными процессами, причем кислород всегда определяется по разнице.

Вскоре после своего поселения в Гиссене Либих обратил свое внимание на класс органических соединений, известных как *цианаты*; но Велер, который, пока Либих находился в Париже в лаборатории Гей-Люссака, занимался изучением тонкостей химии минералов под руководством Берцелиуса, уже занялся этой областью исследований. Два молодых химика обменялись заметками, признали способности друг друга и подружились; эта дружба крепла по мере того, как развивалась жизнь, и некоторые из наиболее важных работ, обогативших химическую науку в течение следующих тридцати лет, были подписаны Либихом и Велером совместно.

Я уже упоминал, что, когда было признано необходимым отказаться от лавуазье-ского определения органической химии как химии соединений, содержащих углерод, водород и кислород, а иногда также фосфор или азот, была предпринята попытка дать определение, основанное на предполагаемом факте, что образование соединений, полученных из животных и растений, может быть осуществлено только с помощью живого организма. Но сделанное в

1828 году Велером открытие, что *мочевина*— вещество, специально выделяемое в животноводстве, и только в этом хозяйстве, — может быть получено из минеральных материалов, сделало это определение органической химии невозможным и разрушило искусственный барьер, с помощью которого натуралисты пытались разделить две области исследований, между которыми Природа не проводила разделения.

Здесь мы имеем еще одну иллюстрацию истинности концепции, лежащей в основе столь многих недавних достижений науки, которая является центральной мыслью благородной структуры, созданной величайшим натуралистом нашего времени, и которая выражена одним из самых глубоких исследователей природы, известных нашему веку, в словах, которые я уже цитировал из предисловия к "Лирическим балладам": "В природе все различно, но ничто не определено в абсолютную независимую целостность".

С этого времени прогресс органической химии стал стремительным. Дюма продолжил исследования эфиров, начатые им в Женеве, и примерно к 1829 году установил соотношения, существующие между эфирами и спиртами, с одной стороны, и эфирами и кислотами - с другой. За этим исследованием, описание деталей которого я не могу привести здесь, поскольку оно потребовало бы использования множества технических терминов и предполагало бы, что читатель обладает обширными техническими знаниями, последовали другие, в результате которых Дюма установил существование ряда соединений, все из которых обладают химическими свойствами спирта, все содержат углерод, водород и кислород, но отличаются друг от друга постоянным количеством углерода и водорода. Это открытие ряда спиртов, отличающихся обладанием определенными свойствами, благодаря которым они были выделены из всех других так называемых органических соединений, было как появление ориентира для путешественника в стране, где он находится без проводника. Введение сравнительного метода изучения в органическую химию — метода, который основывает классификацию на сравнении больших групп соединений и который стремится собрать воедино те вещества, которые похожи, и отделить те, которые непохожи, — вскоре начало приносить плоды. Этот метод предлагал экспериментатору новые точки зрения для рассмотрения групп тел; аналогии, которые были скрыты, когда рассматривалось всего несколько веществ, становились очевидными по мере расширения диапазона зрения. То, что нежная Элия называет "фрагментами и разрозненными кусочками правды", "намекami и проблесками, зародышами и грубыми эссе о системе", стало важным. Предстояла работа не только мастерам духа, которые, глядя на вещи с центральной позиции, видели относительную важность различных подробных фактов, но и тем, кто мог лишь "случайно побить небольшую дичь и предоставить более упрямым головам, более крепкому телосложению вести ее дальше".

За двадцать лет до того времени, о котором мы сейчас говорим, Дэви разложил щелочи поташ и соду; поскольку он обнаружил, что эти вещества представляют собой оксиды металлов, он счел весьма вероятным, что другая хорошо известная щелочь, аммиак, также окажется оксидом металла. Путем электролиза солей, образующихся при действии аммиака на кислоты, используя ртуть в качестве одного из полюсов батареи, Дэви получил странного вида губчатое вещество, которое он был склонен рассматривать как сплав металлической основы аммиака с ртутью. Исходя из результатов экспериментов, проведенных им самим и другими, Дэви принял взгляд на этот сплав, который рассматривал его как содержащий *сложный радикал*, или группу элементарных атомов, которые при определенных химических изменениях ведут себя как один элементарный атом.

Этому составному корешку он дал название *аммоний*.

Поскольку водный раствор поташа или соды рассматривался как соединение воды и оксида калия или натрия, то водный раствор аммиака рассматривался как соединение воды и оксида аммония.

Когда состав этого вещества, аммония, был определен более точно, было обнаружено, что его лучше всего представить в виде составного атома, состоящего из одного атома азота и четырех атомов водорода. Наблюдаемые свойства многих соединений, полученных из аммиака, и аналогии, наблюдаемые между этими и подобными соединениями, полученными из поташа и соды, можно было бы объяснить, предположив, что в составном атоме (или, лучше, в молекуле) соли аммиака существует эта группа атомов, действующая как один атом, называемый аммонием.

Читатель не преминет заметить, насколько по существу атомарной является эта концепция составного радикала. Конечная частица, молекула, соединения теперь стала рассматриваться как структура, состоящая из частей, называемых атомами, точно так же, как дом - это структура, состоящая из частей, называемых камнями и кирпичами, строительным раствором и деревом и т.д. Но между некоторыми атомами в этой молекуле может быть более тесная связь, чем между другими атомами. Может оказаться возможным удалить группу атомов и поместить другую группу - или, возможно, другой отдельный атом — на место удаленной группы, не вызывая разрушения всей атомной структуры; точно так же, как может оказаться возможным вынуть несколько кирпичей из стены дома или большую деревянную балку из-под перемычек и заменить их другими кирпичами или одним камнем, или заменить большую деревянную балку меньшей железной, не вызывая разрушения всего дома. Удаляемая таким образом группа атомов — составной радикал - может существовать в ряде соединений. Как у нас есть оксид, сульфид, хлорид, нитрат и т.д. Натрия, так у нас могут быть оксид, сульфид, хлорид, нитрат и т.д. Аммония. Соединения натрия обладают многими общими свойствами; частично это объясняется тем, что все они содержат один или несколько атомов элемента натрия. Соединения аммония обладают многими общими свойствами, и это частично объясняется, если предположить, что все они содержат один или несколько атомов сложного радикала аммония.

Концепция составного корешка была доведена Берцелиусом до крайних пределов. Мы узнали, что шведский химик рассматривал каждую молекулу как состоящую из двух частей; в очень многих случаях каждая из этих частей сама по себе состояла более чем из одного вида атомов - это был сложный радикал. Но берцелевская система имела тенденцию становиться слишком искусственной: она все дальше и дальше отдалялась от фактов. Из двух частей, составляющих двойную молекулярную структуру, одна по необходимости была положительно, а другая отрицательно наэлектризована. Большее количество так называемых органических соединений содержало кислород; кислород был наиболее известным электроотрицательным элементом; следовательно, считалось, что большинство органических соединений образуются в результате соединения одного, двух или более атомов кислорода, образующих отрицательную часть молекулы, с одним, двумя или более атомами составного радикала, который образует положительную часть молекулы.

Из этого дуалистического взгляда на молекулу естественным образом возникла склонность рассматривать составные радикалы органической химии как не насыщенные кислородом части

молекул органических соединений. Органическое соединение постепенно стало рассматриваться как соединение кислорода с некоторыми другими элементами, которые все были объединены под названием составного радикала, и органическая химия какое-то время определялась как химия составных радикалов.

Из того, что было сказано на стр. 268, я думаю, будет очевидно, что идея *замещения* является необходимой частью первоначальной концепции составного радикала; группа атомов в молекуле, как утверждается, может быть удалена, а другая группа или другой атом *заменен* на то, что удалено. Берцелиус принял эту идею, но сделал ее слишком жесткой; он учил, что электроотрицательный атом или составной радикал может быть заменен только другим электроотрицательным атомом или группой атомов, а положительно наэлектризованный атом или группа атомов - только другим электроположительным атомом или составным радикалом. Таким образом, кислород, возможно, мог бы быть заменен хлором, но, конечно, не водородом; в то время как водород мог бы быть заменен положительно наэлектризованным атомом, но, конечно, не хлором.

Концепции составных радикалов и замещения занимали примерно такое же положение в органической химии, какое я сейчас попытался указать, когда Дюма и Либих начали свои работы в этой области.

Посетители одного из королевских *званных вечеров* в Тюильри были сильно раздражены раздражающими парами, исходившими от восковых свечей, которые использовались для освещения апартаментов; Дюма попросили осмотреть свечи и выяснить причину их странного поведения. Он обнаружил, что производитель использовал хлор для отбеливания воска, что часть этого хлора осталась в свечах и что раздражающие пары, которые раздражали гостей Чарльза Х., содержали соляную кислоту, образующуюся при соединении хлора с частью водорода воска. Свечи, отбеленные каким-либо иным способом, кроме хлора, в будущем стали использоваться в королевских дворцах; и в сознании Дюма начала зарождаться унитарная теория, которая должна была опровергнуть дуализм Берцелиуса.

Удержание большого количества хлора воском вряд ли можно было объяснить, предположив, что хлор присутствовал только в виде механически удерживаемой примеси. Дюма тщательно исследовал действие хлора на воск и другие органические соединения; и в 1834 году он объявил, что водород в органических соединениях может быть заменен на хлор, причем каждый объем водорода, выделяемый исходным соединением, заменяется равным объемом хлора.

Либих и Велер использовали аналогичную концепцию для объяснения результатов, которые они получили примерно в то же время в своем исследовании масла горького миндаля, исследовании, о котором мы сразу же упомянем.

Прогрессу этого смелого нововведения Дюма во многом способствовали эксперименты и рассуждения двух французских химиков, чьи имена всегда должны вызывать уважение у изучающих химию как имена пары блестящих естествоиспытателей, которым современная химия многим обязана. *Герхардт* отличался ясностью видения и экспрессии; *Лоран* - оригинальностью, широтой ума и силой мысли.

Лоран, по-видимому, был первым, кто четко сформулировал фундаментальную концепцию унитарной теории: "Многие органические соединения при обработке хлором теряют определенное количество эквивалентов водорода, который переходит в соляную кислоту.

Равное количество эквивалентов хлора заменяет удаляемый таким образом водород; таким образом, физические и химические свойства исходного вещества существенно не изменяются. Хлор занимает место, оставленное водородом; хлор играет в новом соединении ту же роль, что и водород в исходном соединении".

Замена электроположительного водорода на электроположительный хлор противоречила всем канонам дуалистической химии; и сказать, что физические и химические свойства исходного соединения не были глубоко изменены этой заменой, по-видимому, значило бы поставить под сомнение обоснованность всей структуры, созданной в результате трудов в течение четверти века человека, который, по всеобщему признанию, был одним из выдающихся химиков своего времени.

Но факты накапливались. Путем воздействия хлора на спирт Либих получил *хлороформ* и *хлораль*, вещества, которые с тех пор так широко применялись для облегчения человеческих страданий; но именно Дюма правильно определил состав этих двух соединений и показал, как они связаны с алкоголем и друг с другом.

То, как Либих воспринял исправления, внесенные Дюма в его работу, является ярким примером истинно научного духа. "В качестве превосходной иллюстрации того, - сказал Либих, - каким образом следует исправлять ошибки, можно привести исследование хлорала Дюма. Это убедило меня, как, я думаю, и всех остальных, не из-за обилия аналитических данных, противоречащих не менее многочисленным результатам, которые я опубликовал, а потому, что эти данные давали более простое объяснение как образованию, так и изменениям рассматриваемых веществ".

Один из наиболее важных вкладов в развитие новых взглядов был сделан Дюма в его работе "О действии хлора на уксусную кислоту" (1833), в которой он доказал, что продукт этого действия, а именно *трихлоруксусная кислота* связана с исходным веществом тем, что содержит в молекуле три атома хлора вместо трех атомов водорода; что новое вещество, как и исходное вещество, является одноосновной кислотой; что его соли по свойствам очень аналогичны солям уксусной кислоты; что действие одних и тех же реагентов на два вещества аналогично; и, наконец, что существование многих производных этих соединений можно предсказать с помощью новой гипотезы, производные которой не должны существовать согласно дуалистической теории, но которые могут быть получены с помощью других. , к несчастью для этой теории, были подготовлены и проанализированы Дюма.

Я ссылался на исследование Либиха и Велера о масле горького миндаля как на важный этап в продвижении антидуалистических взглядов. Статья, о которой идет речь, была опубликована в 1832 году. В то время было известно, что *бензойная кислота* образуется при воздействии масла горького миндаля на воздух. Либих и Велер провели множество анализов этих двух веществ и множество экспериментов по изучению взаимосвязи их свойств, в результате чего они пришли к выводу, что молекулы масла состоят из атома водорода и атома сложного радикала, который сам по себе является соединением углерода, водорода и кислорода, которому они дали название *бензоил*.^[13] Бензойную кислоту они рассматривали как соединение того же радикала с другим радикалом, состоящим из равного количества атомов кислорода и водорода. Путем воздействия хлора и других реагентов на масло горького миндаля эти химики получили вещества, которые были тщательно проанализированы и изучены, и свойства, которые они продемонстрировали, можно было просто объяснить, рассматривая их все как соединения

радикала *бензоила* с хлором и другими атомами или группами атомов. Но эта точка зрения, если ее принять, требовала веры в то, что атомы хлора могут заменить атомы кислорода; и, в целом, что замена электроположительного атома или группы атомов отрицательным не обязательно вызывает какие-либо значительные изменения в свойствах молекулы.

Таким образом, было показано, что жесткие концепции дуализма оказались слишком жесткими; была признана возможность того, что электроположительный радикал, или атом, заменит другой, обладающий противоположным электричеством; и, таким образом, точка зрения, рассматривающая сложную молекулу как единую структуру, атомы в которой могут быть заменены другими атомами независимо от взаимных электрических связей этих атомов, начала набирать силу.

С этого времени молекула соединения обычно рассматривается как унитарная структура, как единое целое, а свойства молекулы определяются природой, количеством и расположением всех атомов, которые вместе составляют ее.

Поначалу казалось, что унитарная концепция сложной молекулы полностью противоречит системе Берцелиуса; но со временем и по мере того, как стали известны новые факты, стало видно, что новый взгляд сохранил по крайней мере одну, и, возможно, самую важную, из идей, которые легли в основу берцелиевой классификации.

В основе дуализма Берцелиуса лежала концепция молекулы как атомной структуры; это было сохранено в единой системе Дюма, Герхардта и Лорана.

Берцелиус настаивал на том, что каждая молекула имеет двойную структуру. Это слишком узкий взгляд на возможности Природы, говорили сторонники новой школы. *Эта* молекула может иметь двойную структуру; *она* может состоять из трех частей. Структуру той или иной молекулы можно определить только путем тщательного изучения ее взаимоотношений с другими молекулами.

Какое-то время казалось также, что новая химия может обойтись без составного радикала, который так часто использовал Берцелиус; но давление фактов вскоре заставило химиков-унитарщиков признать ценность этой гипотезы, которая рассматривала части молекулы как иногда более тесно связанные, чем другие части, — которая признавала существование атомных структур внутри более крупных молекулярных структур. Как дом - это не просто соединение такого-то количества кирпичей, такого-то количества раствора, такого-то количества дверей и окон, такого-то количества свинцовых труб и т.д., А скорее определенная структура, состоящая из частей, многие из которых сами по себе также являются определенными структурами, такими как окно и его вспомогательные части, дверь с перемычкой и ручкой и т.д., Так и химикам-унитарщикам молекула представлялась составленной из частей, некоторые из которых, сами по себе состоящие из еще более мелких частей, выполняют определенную функцию в молекулярной экономике.

Общее подразделение растения может описать его как структуру, состоящую из стебля, корня и листьев. Каждая из частей, непосредственно за свое индивидуальное действие и косвенно за счет взаимодействия между ней и всеми другими частями, способствует росту всего растения; но если провести дальнейший анализ стебля, или корня, или листьев, то окажется, что каждая

из них состоит из множества частей, волокон, клеток, ткани и т.д. Мы можем уподобить растение молекуле органического соединения; корень, стебель и листья - составным корешкам, из которых состоит эта молекула, а ткань, волокна и т.д. - элементарным атомам, составляющим эти составные корешки. Молекула представляет собой единое целое, обладающее определенной структурой и выполняющее определенную функцию в силу природы и расположения своих частей.

Прошло много лет после публикации исследований Дюма, Либиха и Велера, прежде чем такая концепция молекулы получила широкое признание химиков. Оппозиция старой школы, возглавляемой их отважным защитником Берцелиусом, должна была быть преодолена; непогрешимость некоторых молодых представителей новой школы должна была быть проверена; факты должны были быть накоплены, трудности объяснены, слабые аналогии отброшены, а сильные усилены исследованиями; особые взгляды на структуру той или иной молекулы, выведенные из единичного исследования, должны были быть дополнены и изменены более широкими взглядами, полученными в результате исследований многих исследователей. Только в 1867 году Либих, когда Дюма на обеде, данном во время Французской выставки иностранным химикам, спросил его, почему он оставил органическую химию, ответил, что "теперь, когда теория замещения является фундаментом, здание могут строить рабочие: мастера больше не нужны".

Лоран и Герхардт проделали благородную работу по продвижению теории единства; во многом им обязана плодотворная концепция типов, результат творчества Дюма, которая возникла благодаря мерцанию восковых свечей в Тюильри во время королевского *званного вечера*.

Хлор может быть заменен водородом в уксусной кислоте, и продукт по своим свойствам тесно связан с исходным веществом; различные атомы или группы атомов могут быть заменены другими группами в производных масла горького миндаля, но близкая аналогия по свойствам проходит через все эти соединения: эти факты можно было бы более кратко выразить, сказав, что уксусная и трихлоруксусная кислоты принадлежат к одному и тому же *типу*, и что производные масла горького миндаля также принадлежат к одному *типу*.

Лоран перенес эту концепцию в неорганическую химию. Вода и поташ, казалось, не имеют много общего, но Лоран сказал, что поташ - это не соединение оксида калия и воды, это скорее производное воды. Молекула поташа образуется из молекулы воды путем замены одного атома водорода в последней на один атом калия; вода и поташ принадлежат к одному и тому же типу.

Таким образом, был создан *тип воды*.

Сразу же был пролит свет на многие факты из органической химии. Аналогии между алкоголем и водой, на некоторые из которых впервые указал Грэм (см. стр. 235), по-видимому, следовали как необходимое следствие, когда молекула алкоголя рассматривалась как построенная по типу воды. Вместо двух атомов водорода в сочетании с одним атомом кислорода в молекуле спирта имелся один атом составного радикала *этилового* (сам по себе состоящий из углерода и водорода), один атом кислорода и один атом водорода. Спирт был водой с одним атомом водорода, замещенным одним атомом этила; атом водорода был атомом того, что мы называем элементом, этил был атомом того, что мы называем составным радикалом.

Герхардт стремился отнести все органические соединения к тому или иному из трех типов — типу воды, типу соляной кислоты и типу аммиака. По мере получения и исследования новых

соединений необходимо было вводить другие типы. Проследивание истории этой концепции привело бы нас к слишком большому количеству подробностей; достаточно сказать, что теория типов постепенно влилась в более широкую теорию эквивалентности, о которой я немного расскажу в следующей главе.

Одним из результатов введения типов в химическую науку, поскольку это было связано с единым взглядом на составные радикалы, было ниспровержение того определения органической химии, которое преобладало в течение некоторого времени и в котором говорилось, что органическая химия - это "химия составных радикалов". Сложные корешки, это правда, больше использовались для объяснения состава и свойств веществ, полученных из животных и овощей, чем минеральных веществ, но определение одной отрасли науки, которая практически включала другую отрасль, из которой должна была быть определена первая, не могло быть сохранено. Химики постепенно пришли к убеждению, что определение органической химии не требуется; что нет различия между так называемыми органическими и неорганическими соединениями; и они согласились, но я вряд ли еще долго будут соглашаться, сохранять термины "органический" и "неорганический" только потому, что эти термины так долго использовались. Известные соединения элемента углерода так многочисленны, и они были так тщательно изучены и так хорошо классифицированы, что изучающему химию стало удобнее рассматривать их как группу, в значительной степени обособленную от соединений других элементов; этой группе он до сих пор часто дает название "органические соединения".

Либих продолжал занимать кафедру химии в Гиссенском университете до 1852 года, когда король Баварии убедил его принять должность профессора той же науки в Мюнхенском университете. Во второй четверти нынешнего столетия к Гиссену часто обращались студенты-химики со всего мира, особенно из Англии. Многие люди, которые впоследствии оставили свой след в химических открытиях, работали под руководством профессора из Стокгольма, но Гиссену выпала честь быть местом, где впервые была создана хорошо оборудованная химическая лаборатория для научных исследований как явно образовательное учреждение. Слава Либиха как первооткрывателя и преподавателя вскоре наполнила новое учебное заведение студентами, которые приходили в восторг, слушая его лекции или видя его за работой в своей лаборатории. "Либих не был тем, кого называют беглым оратором, - говорит профессор Хофманн из Берлина, - но во всем, что он говорил, была серьезность, энтузиазм, которые неудержимо увлекали слушателя. Такой эффект производили не столько сами знания, которыми он делился, сколько удивительная манера, с которой он пробуждал рефлексивные способности даже у наименее одаренных из своих учеников. И каким благом было после того, как я был подавлен гнетущим грузом фактов, испытать чистое дыхание науки, такое, каким оно исходило из уст Либиха! какое наслаждение, возможно, получив от других мешок, полный сухих листьев, вдруг увидеть на лекциях Либиха живое, растущее дерево!... Мы чувствовали тогда, чувствуем до сих пор и никогда, пока живы, не забудем чудесного влияния Либиха на нас; и если что-то и могло быть более удивительным, чем объем работы, которую он проделал своими руками, так это, вероятно, гора химического труда, через который он заставил нас пройти. Каждое его слово содержало наставление, каждая интонация его голоса свидетельствовала об уважении; его одобрение было знаком чести, и чем бы еще мы ни гордились, нашей величайшей гордостью было то, что он был нашим учителем.... Из наших юных побед на благородной игровой площадке философской чести более половины были безвозмездными

подарками Либиха, и для его щедрой натуры никакие его собственные победы не приносили большего искреннего восторга, чем тот, который он испытывал, видя успехи своих учеников и помогая, наблюдая за их борьбой наверх".

У Либиха было много друзей в Англии. Он часто посещал эту страну и присутствовал на нескольких собраниях Британской ассоциации. На собрании 1837 года его попросили составить отчет о прогрессе органической химии; он подчинился и в 1840 году представил миру книгу, которая знаменует собой особую эпоху в применении науки к промышленным занятиям — "Химия в ее приложениях к сельскому хозяйству и физиологии".

В этой книге и в своих последующих исследованиях и работах,^[14] Либих установил и подкрепил существующую необходимость возвращения в почву питательных веществ, которые извлекаются из нее при выращивании сельскохозяйственных культур; он предположил, что навоз, богатый солями, необходимыми растениям, может быть произведен искусственно, и, сделав это, он заложил основу обширной промышленности, возникшей в течение последнего десятилетия. два десятилетия. Он решительно и успешно атаковал концепцию, которая в то время преобладала среди большинства изучающих физиологию, что химические и физические обобщения не могут быть применены для объяснения явлений, связанных с ростом живых организмов. Он был одним из первых, кто установил в качестве вывода из результатов многих и разнообразных экспериментов канон, которым с тех пор руководствуются все преподаватели науки о жизни, что истинное знание биологии должно основываться на знании химии и физики.

Но Либих не удовлетворился широкими обобщениями и предоставил их разработку другим; он спустился с высот философских изысканий и научил домашнюю хозяйку готовить суп, в котором наибольшее количество питательных веществ доставлялось больному в наиболее легкоусвояемой форме; и разве не он, сделав доступной каждому порцию корма для животных, который иначе пропадал бы в пампасах Южной Америки или на овчарнях Австралии, сделал свое имя в каждом английском доме нарицательным?

После смерти Берцелиуса в 1848 году каждый химик обратился к Либиху за продолжением ежегодного отчета о прогрессе химии, который теперь стал центральным журналом фактов, куда каждый работник науки мог обратиться, чтобы ознакомиться с тем, что было сделано другими по любому вопросу, который он предполагал исследовать. С того времени и по сей день *Annalen* Либиха является ведущим химическим журналом мира.

О других литературных произведениях Либиха — о его эссе, его знаменитых "Химических письмах", его многочисленных отчетах, его суровой, а иногда и резкой критике чужих работ — о деталях трехсот оригинальных статей, в которых он воплотил результаты своих исследований, у меня нет времени, да и здесь не место говорить.

Удостоенный чести каждого сколько—нибудь заметного научного общества в мире, увенчанный высшей наградой, которую Англия и Франция могут предложить человеку науки, не являющемуся англичанином или французом, — медалью Копли и членством в ассоциации Института, - почитаемый и уважаемый каждым изучающим науку, любимый каждым из группы пылких натур, которых он обучил и отправил сражаться на благо их расы, и, что самое главное, работающий до последнего, объясняя чудеса Природы, он "ушел в безмолвную страну" 18 апреля. 1873 год, оставив память о жизни, благородно посвященной служению человечеству, и нетленную запись многих истин, добавленных к общему запасу расы.

Жизненный путь Дюма, помимо того, что я уже описал в общих чертах, настолько многообразен, что если бы мы ограничились одним или двумя ведущими моментами, это вывело бы нас далеко за рамки, которых я пытался придерживаться на протяжении всей этой книги. В одной из своих ранних работ Дюма принял атомную теорию в качестве краеугольного камня своей химической системы; таким образом, он был вынужден экспериментально пересмотреть общепринятые значения атомных весов некоторых элементов. Среди этих изменений вопрос об атомном весе углерода занимает наиболее важное место, отчасти из-за превосходства работы, но в большей степени из-за других исследований, к которым привела эта работа.

Эксперименты Дюма были обобщены в утверждении, что атом углерода в двенадцать раз тяжелее атома водорода. Экспериментальные методы и расчеты, использованные при этом определении, требовали знания атомного веса кислорода; чтобы точно определить значение, которое следует присвоить этой константе, Дюма совместно с Буссингом провели серию экспериментов по синтезу воды, что является одним из классических исследований химии, и в котором было установлено число 16, представляющее атомный вес кислорода. В результате экспериментов, проведенных позднее с особой тщательностью и в условиях, в высшей степени подходящих для получения точных результатов, Стас получил число $15 \cdot 96$ вместо 16 для определения атомного веса кислорода; но в статье, недавно опубликованной ветераном Дюма, указывается источник ошибки, который Стас упустил из виду в своих экспериментах, и показано, что эта ошибка привела бы к незначительному увеличению числа, полученного Стасом.

Поскольку значения, присваиваемые атомным весам элементов, являются самыми фундаментальными данными химии, и поскольку мы с каждым днем все яснее осознаем, что взаимные отношения между свойствами элементов и соединений тесно связаны с относительными весами элементарных атомов, мы едва ли можем придавать слишком большое значение такой работе, как эта, сделанная Дюма и Стасом. Вскоре после публикации "Новой системы" Далтона Праутом была предложена гипотеза о том, что атомные веса всех элементов представлены целыми числами — атомный вес водорода принимается за единицу, — что атом каждого элемента, вероятно, образован соединением двух, трех, четырех или более атомов водорода и что, следовательно, существует только одна элементарная форма материи. Среди сторонников этой гипотезы Дюма занимал важное место. Он модифицировал первоначальное утверждение Праута и предположил, что все атомные веса являются целыми, кратными половине атомного веса водорода (то есть целыми, кратными $1/2$). Эксперименты Стаса, казалось, опровергли эту точку зрения, но более поздняя работа — особенно важный критический пересмотр результатов, полученных всеми наиболее заслуживающими доверия сотрудниками, проведенный профессором Кларком из Цинциннати и опубликованный Смитсоновским институтом в рамках их серии "Константы природы" — показали, что мы никоим образом не опираемся на факты, отвергая гипотезу Праута в модифицированном Дюма виде, но что баланс доказательств в настоящее время скорее в ее пользу.

Было бы совершенно неуместно обсуждать здесь гипотезу, которая ведет к некоторым из самых запутанных спекуляций относительно природы вещества, к которым до сих пор отваживались прибегать химики. Я упоминаю об этом только потому, что это иллюстрирует далеко идущий характер исследований химика, работу которого мы сейчас рассматриваем, а также потому, что

это показывает поверхностность насмешек, которым предаются некоторые малообразованные люди, когда они видят ученых, годами занимающих себя попытками решить такой мелкий и, как они говорят, тривиальный вопрос, как то, следует ли предпочесть число $15 \cdot 96$ или число 16 для обозначения атомного веса кислорода; "ибо в каждой падающей пылинке сокрыты законы Вселенной, и не проходит и часа, чтобы вы не держались за них". бесконечность в твоих руках".

Другой и совершенно иной предмет, который был поставлен на прочную основу исследованиями Дюма, - это химия брожения. Своей работой о действии пивных дрожжей на сахаристые жидкости Дюма доказал несостоятельность точки зрения Либиха, согласно которой превращение сахара в спирт происходит под влиянием химических изменений, происходящих в закваске; также то, что точка зрения Берцелиуса, который рассматривал алкогольное брожение как результат простого контакта закваски с сахаром, противоречила многим фактам; и, наконец, Дюма показал, что факты лучше всего объясняются точкой зрения, которая рассматривала превращение сахара в спирт ничем не отличающимся от других чисто химических изменений, а как результат изменения, вызванные, насколько нам известно в настоящее время, только действием растущего организма низшей формы, такого как дрожжи.

В 1832 году Дюма основал за свой счет лабораторию для химических исследований. Когда разразилась революция 1848 года, средства Дюма значительно сократились, и он больше не мог позволить себе содержать свою лабораторию. Закрытие этого места, где было проделано так много серьезной работы, обычно рассматривалось как бедствие для науки. Примерно в это же время Дюма посетил человек невзрачной внешности, который обратился к нему следующим образом: "Они утверждают, что вы закрыли свою лабораторию, но вы не имеете на это права. Если тебе понадобятся деньги, вот, - он бросил на стол пачку банкнот, - возьми, что хочешь. Не скупитесь; я богат, холост, и жить мне осталось недолго". Посетителем Дюма оказался доктор Жекер. Он заверил Дюма, что сейчас тот всего лишь выплачивает долг, поскольку сколотил состояние на том, чему научился в медицинских школах Парижа. Однако в те смутные времена Дюма не мог постоянно думать об экспериментальных исследованиях и поэтому отклонил предложение доктора Жекера, неоднократно заявляя о своей доброй воле и уважении.

Теперь на Дюма начала давить новая работа; его энергия и административные полномочия были востребованы государством. Избранный членом Национального собрания в 1848 году, он вскоре был вызван президентом республики на должность министра сельского хозяйства и торговли. Он стал сенатором при второй империи. Он вошел в муниципальный совет Парижа около 1854 года и вскоре был избран президентом. Под его руководством была успешно реализована великая схема обеспечения Парижа родниковой водой, которую несли по акведукам и туннелям; в дренаже города было внесено много улучшений; стоимость газа была снижена, в то время как качество улучшилось, обеспечено постоянство подачи, а приборы для сжигания газа на улицах были изменены и стали более эффективными.

Назначенный преемником Пелузе на посту мастера Монетного двора в 1868 году, Дюма занимал эту почетную и важную должность только до франко-германской войны 1870 года. С этой даты он отошел от политической жизни; но в качестве постоянного секретаря Академии Дюма теперь занимает ведущее место во всех делах, связанных с наукой, как чистой, так и прикладной, во французской столице.

В работах этих двух химиков, Либиха и Дюма, мы находим замечательные иллюстрации научного метода изучения природных явлений.

В широких общих взглядах, которые они оба принимают на изучаемые явления, и в терпеливой и настойчивой проработке деталей мы показали нам сочетание способностей, которые обычно обнаруживаются у отдельных индивидуумов.

Дюма всегда настаивал на необходимости сравнения свойств и реакций групп тел, прежде чем можно будет получить какое-либо точное знание о положении отдельного вещества в ряду, изучаемом химиком. Его друг, профессор Хофманн, заверил нас, что его целью как преподавателя было никогда не представлять своим студентам "изолированное явление или понятие, логически не связанное с другими". Для него каждое химическое соединение является одним из ряда, который связывает его непосредственно со многими другими подобными соединениями и косвенно с другими более или менее непохожими соединениями.

Среди подавляющей массы фактов, которые в наши дни угрожают похоронить химическую науку и своим весом лишить ее жизни, Дюма прокладывает свой путь с помощью общих принципов; но сами эти принципы обобщены на основе фактов и не являются плодом его собственной фантазии.

Я думаю, мы обнаружили, что на протяжении всего прогресса химической науки студента подстерегали две опасности. Он часто испытывал искушение накапливать факты, накапливать аналитические детали, забывать, что он химик, в своем желании усовершенствовать инструмент анализа, с помощью которого он возводит строительные леса своей науки; с другой стороны, его иногда сбивали с пути эксперимента его собственные мечты наяву. Открытия науки были настолько замечательными, а концепции некоторых из тех, кто успешно занимался наукой, были настолько грандиозными, что изучающий нередко испытывал искушение остановиться на преобладающих теориях того времени и, забывая, что они должны лишь "предоставить мирное пристанище интеллекту на время", он скорее позволял им ограничивать его, пока, наконец, разум "не столкнется с трудностями в разрушении стен того, что стало его тюрьмой, а не домом".

Мы можем подумать, что Дюма, возможно, слегка впал в первую из этих ошибок, когда не дал своему воображению чуть большего простора в обращении с концепциями "атома" и "молекулы", разницу между которыми он уловил, но недостаточно обозначил к 1826 году (см. стр. 261).

Из его собственных показаний мы знаем, что Либих однажды впал в последнюю ошибку и что последствия были катастрофическими. - Я знаю химика, - я имею в виду его самого, — который ... предпринял исследование ликера с солеварен. Он обнаружил в нем йод и, более того, заметил, что йодид крахмала стал огненно-желтым, если его выдержать в течение ночи. Явление поразило его; он пропитал большое количество раствора хлором и получил из него путем перегонки значительное количество жидкости, которая окрашивала крахмал в желтый цвет и внешне напоминала хлорид йода, но отличалась от этого соединения многими свойствами. Однако каждое несоответствие он объяснял с удовлетворением для себя; он изобрел для себя теорию. Несколько месяцев спустя он получил статью М. Баларда "Объявление об открытии брома", и в тот же день он смог опубликовать результаты экспериментов по поведению брома с железом, платиной и углеродом; поскольку бром Баларда стоял в его лаборатории с надписью *жидкий хлорид йода*. С тех пор он больше не выдвигает теорий, если только они не подтверждаются заслуживающими доверия экспериментами; и я могу с уверенностью утверждать, что, поступая таким образом, он неплохо преуспел".

Еще один момент, который мы замечаем в работе всей жизни этих двух химиков, - это их неустанный труд. Они всегда были на работе; где бы они ни находились, они были готовы замечать проходящие события или природные явления и извлекать из них предложения. Как Дэви доказал элементарный характер йода и установил многие свойства этого вещества во время визита в Париж, так и Дюма делает множество открытий во время кратких визитов в лаборатории своих друзей во время экскурсий вдали от Парижа. Во время визита в Экс-ле-Бен он заметил, что стены ванной комнаты покрыты мелкими кристаллами сульфата извести. Он знал, что вода в ванной была насыщена сероводородом, но в ней не было серной кислоты, и эту кислоту нельзя было обнаружить в воздухе ванных комнат. За этим наблюдением последовали эксперименты, которые доказали, что пористый материал, такой как занавеска или обычная оштукатуренная стена, способен вызывать соединение кислорода с сероводородом при условии наличия влаги и поддержания несколько высокой температуры.

Опять же, мы находим, что Либих и Дюма отличались большой душевной честностью. "Нет ничего плохого в том, что человек совершает ошибки, - сказал Либих, - но действительно большой вред в том, что он их не совершает, потому что он уверен, что не работал.... Ошибка, о которой вы узнали, не должна оставаться в вашем доме с ночи до утра".

Изучающие науку больше, чем кто-либо другой, должны быть готовы признавать и исправлять ошибки, в которые они впадают. Для них нетрудно это сделать: им нужно только постоянно выезжать на Природу; ибо там у них есть апелляционный суд, всегда готовый рассмотреть их дело и вынести абсолютно беспристрастное решение: им нужно всего лишь представить свои теории и догадки этому судье, чтобы оценить их по достоинству.

СНОСКИ:

[13] "Еще раз рассматривая факты, выявленные нашим исследованием, мы обнаруживаем, что они расположены вокруг общего центра, группы атомов, сохраняющих нетронутой свою природу, среди самых разнообразных ассоциаций с другими элементами. Эта стабильность, эта аналогия, пронизывающая все явления, побудила нас рассматривать эту группу как своего рода составной элемент и обозначать ее специальным названием *бензоил*". —Либих и Велер, 1832.

[14] "Химия животных, или химия в ее приложениях к физиологии и патологии", 1842.
"Исследования по химии пищевых продуктов", 1847. "Естественные законы земледелия", 1862.



ГЛАВА VII.

СОВРЕМЕННАЯ ХИМИЯ.

На стр. 162 я сослался на работу немецкого химика Рихтера, с помощью которой были установлены *эквиваленты* некоторых кислот и оснований. Те количества различных кислот, которые по отдельности нейтрализовали одно и то же количество данного основания, или те количества различных оснований, которые по отдельности нейтрализовали одно и то же количество данной кислоты, считались эквивалентными. Это были величины, способные совершить определенное действие.

Рассматривая развитие теории замещения Дюма, мы обнаружили, что Лоран сохранил эту концепцию эквивалентности, когда говорил о замене эквивалента водорода эквивалентом хлора (см. стр. 272). Определенный вес хлора мог занять место определенного веса водорода в соединении и играть его роль; следовательно, эти веса водорода и хлора были эквивалентны.

Эта концепция широко использовалась со времен Лорана, но по большей части она применялась к атомам элементов.

Поскольку в качестве стандартного вещества взят водород, элементы были разделены на группы в соответствии с количеством атомов водорода, с которыми соединяется один атом каждого элемента. Таким образом, некоторые элементы соединяются с водородом только в пропорции один атом к одному атому; другие соединяются в пропорции один атом к двум атомам водорода; третьи - в пропорции один атом к трем атомам водорода и так далее.

Прилагательное *Одновалентный*, *двухвалентный*, *трехвалентный* и т.д. ставится перед элементом с префиксом для обозначения того, что атом этого элемента соединяется с одним, или двумя, или тремя и т.д. Атомами водорода с образованием сложной молекулы.

Давайте рассмотрим, что подразумевается под этим утверждением — "Атом азота трехвалентный". Это утверждение, если его расширить, звучало бы так: "Один атом азота соединяется с тремя атомами водорода, образуя сложную молекулу". Теперь это означает, что (1) известен атомный вес азота и (2) также известны молекулярный вес и количество атомов азота и водорода в молекуле соединения азота и водорода.

Но прежде чем можно будет определить атомный вес элемента, необходимо (как мы выяснили на стр. 146) получить, проанализировать и измерить удельные веса ряда газообразных соединений этого элемента. Наименьшее количество элемента (обозначаемого водородом как единица) в молекуле любого из этих газов будет тогда равняться атомному весу элемента.

Когда говорится, что "известны молекулярная масса и количество атомов азота и водорода в молекуле соединения азота и водорода", это утверждение подразумевает, что рассматриваемое соединение было получено в чистом виде, было тщательно проанализировано, подвергнуто газификации и что был взвешен известный объем газа. Поэтому, когда мы говорим, что "атом азота трехвалентный", мы подводим итог большому объему знаний, полученных в результате кропотливого эксперимента.

Эта классификация элементов по группам эквивалентных атомов, которой мы обязаны Франкленду, Уильямсону, Одлингу и особенно Кекуле, оказала большую услугу, особенно в

продвижении систематического изучения соединений углерода. Это помогает более точно сформулировать концепцию молекулы как определенной структуры, которая так долго набирала силу.

Одновалентный элемент рассматривается как такой, на атом которого действует только один атом водорода в молекуле; двухвалентный как один, на атом которого действуют два атома водорода или другого одновалентного элемента в молекуле; трехвалентный элемент как один, на атом которого действуют три атома водорода или другого одновалентного элемента в молекуле; и так далее.

Тот факт, что часто существует несколько соединений углерода, молекулы которых состоят из одинакового числа одинаковых атомов, находит частичное объяснение с помощью этой концепции элементарного атома как маленькой частицы вещества, способной связывать с собой определенное ограниченное число других атомов с образованием сложной молекулы. Ибо, если наблюдаемые свойства соединения связаны с определенным расположением элементарных атомов в молекулах этого соединения, то, казалось бы, любое изменение в этом расположении должно сопровождаться изменением свойств соединения; другими словами, существование более чем одного соединения из одних и тех же элементов, соединенных в одинаковых пропорциях, становится возможным.

Я уже говорил, что такие соединения существуют: позвольте мне привести несколько примеров.

Алхимики влили струю ртути в расплавленную серу и получили черную субстанцию, которая под действием тепла превратилась в тело ярко-красного цвета. Теперь мы знаем, что как черные, так и красные соединения содержат только ртуть и серу, и содержат эти элементы в одинаковых пропорциях.

Водород, углерод, азот и кислород соединяются в определенных пропорциях, образуя подвижную, бесцветную, сильно кислую жидкость, которая сильно воздействует на кожу, вызывая волдыри и сильную боль: если этой жидкости дать немного постоять на воздухе, она мутнеет, начинает кипеть, становится гуще, и, наконец, взрывается, разбрасывая во все стороны белое пастообразное вещество. Это белое твердое вещество не имеет запаха, едва кисловато на вкус и не оказывает вредного воздействия на кожу; однако оно содержит те же элементы, соединенные в тех же пропорциях, которые присутствовали в сильно кислой прозрачной жидкости, из которой оно было получено.

Известны два вещества, каждое из которых содержит углерод и водород, соединенные в одинаковых пропорциях: одно представляет собой газ с сильным и раздражающим запахом, оказывающий крайне неприятное воздействие на глаза; другое представляет собой прозрачную жидкость с приятным запахом.

Фосфор - очень ядовитое вещество: он легко воспламеняется на воздухе при обычных температурах, поэтому его необходимо хранить под водой; но известна модификация фосфора, не содержащая других веществ, кроме фосфора, которая не ядовита, нелегко воспламеняется и с ней можно безопасно обращаться.

Еще раз, существует соединение азота и кислорода, имеющее вид темно-красного, почти черного газа; существует также соединение азота и кислорода, представляющее собой

прозрачный, бесцветный газ; однако оба содержат одни и те же элементы, соединенные в одинаковых пропорциях.

Но подробное рассмотрение *изомерии*, т.е. существования более чем одного соединения, состоящего из одинаковых количеств одних и тех же элементов, но обладающего разными свойствами, увело бы нас слишком далеко от основного пути химического прогресса, который мы хотим проследить.

Химик сегодня постоянно стремится связать свойства тел, которые он изучает, с молекулярными структурами этих тел; первое он может наблюдать, знание о последнем он должен получить, рассуждая о результатах операций и экспериментов. Его руководство — руководство Лавуазье и его преемников — таково: "Сходство свойств связано со сходством состава" — под "составом" он обычно подразумевает молекулярный состав.

За последние годы было накоплено много фактов, которые иллюстрируют общее утверждение о том, что свойства тел связаны с составом этих тел. Таким образом, была прослежена четкая связь между тинкториальной способностью и молекулярным составом определенных красителей; в некоторых случаях даже стало возможным предсказать, каким образом может быть получен хороший краситель - скажем, поскольку та или иная химическая реакция, вероятно, приведет к образованию того или иного соединения, атомы в молекуле которого, как мы полагаем, имеют определенное расположение относительно друг друга, то в результате этой реакции, вероятно, будет получен краситель, обладающий сильной тинкториальной способностью.

Соединение, присутствию которого марена в основном обязана своими красящими свойствами, называется *ализарином*; определение природы молекулярной структуры этого соединения в течение многих лет было объектом исследований химиков; наконец, особенно благодаря кропотливому усердию двух немецких химиков, стало совершенно ясно, что ализарин и соединение углерода и водорода, называемое *антраценом*, были тесно связаны по структуре. Антрацен был получен из ализарина, и после долгих трудов ализарин был получен из антрацена. Антрацен содержится в больших количествах в густом пек, который остается при перегонке каменноугольной смолы; раньше этот пек представлял небольшую ценность или вообще не имел никакой ценности, но как только производитель химикатов обнаружил, что в этой черной неприятной массе скрыты огромные запасы ализарина, он больше не выбрасывал свой каменноугольный пек, а продал его производителю ализарина за большую сумму. Так случилось, что марену сейчас выращивают мало или вообще не выращивают; крашение марены теперь производится с помощью ализарина, получаемого из каменноугольной смолы: большие участки земли, ранее использовавшиеся для выращивания марены, таким образом, освобождаются для выращивания пшеницы и других злаков.

Это открытие метода искусственного получения ализарина побудило химиков провести исследования химического состава и, по возможности, узнать что-нибудь о молекулярной структуре индиго. Эти исследования совсем недавно привели к открытию серии реакций, в результате которых этот очень ценный и дорогостоящий краситель может быть получен из определенных соединений углерода, которые, подобно антрацену, содержатся в каменноугольной смоле.

Эти примеры, иллюстрируя связь, существующую между составом и свойствами тел, также иллюстрируют необходимость получения научной химической подготовки для человека, который собирается посвятить свою жизнь химическому производству. Чистая и прикладная наука тесно связаны; тот, кто хочет преуспеть во второй, должен обладать компетентными и практическими знаниями в первой.

В настоящее время в химических исследованиях принято считать, что состав — молекулярный состав — и свойства тесно связаны, почти как аксиома.

Лавуазье определял кислоты как вещества, содержащие кислород; Дэви рассматривал кислоту как соединение, свойства которого обусловлены природой и расположением всех содержащихся в нем элементов; Либих говорил о кислотах как о веществах, содержащих "заменяемый" водород; изучающий химию углеродных соединений теперь распознает в органической кислоте соединение, содержащее водород, но также углерод и кислород, и он думает, что атомы водорода (или некоторые из этих атомов) в молекуле такого соединения некоторым образом тесно связаны с атомами кислорода и менее тесно с атомами углерода внутри этой молекулы., другими словами, химик теперь признает, что, во всяком случае, для соединений углерода кислоты являются кислотными не только потому, что они содержат водород, но также и потому, что этот водород определенным образом связан внутри молекулы с другими элементарными атомами; он признает, что кислотные или не кислотные свойства соединения обусловлены не только природой элементов, которые вместе образуют это соединение, но также и расположением этих элементов. Таким образом, взгляд Дэви на природу кислот подтверждается и в то же время становится более определенным благодаря результатам недавних исследований.

Изучающий физику довольствуется тем, что не идет дальше молекулы; считается, что свойства тел, которые он изучает, по большей части зависят от размера, природы и, возможно, от группировки молекул. Но химик стремится пойти глубже, чем это. Молекула для него — слишком большой кусок материи; свойства, которые он изучает, по его мнению, в основном обусловлены природой, количеством и расположением частей молекулы - атомов, которые вместе составляют молекулу.

В этих элементарных атомах он на данный момент обнаружил материалы, из которых состоят небеса и земля; но постепенно накапливаются факты, которые делают вероятным, что эти атомы сами по себе являются структурами — что они состоят из еще более мелких частей, из еще более простых видов материи. Чтобы собрать доказательства в пользу или против этого предположения, химик был вынужден отправиться с земли на небеса, он был вынужден основать новую науку, науку спектроскопического анализа.

Этот предмет рассматривался в "Астрономах", принадлежащих к этой серии книг; но точка зрения, с которой там рассматривается этот вопрос, скорее астрономическая, чем химическая. Я хотел бы вкратце напомнить читателю фундаментальные факты этой отрасли науки.

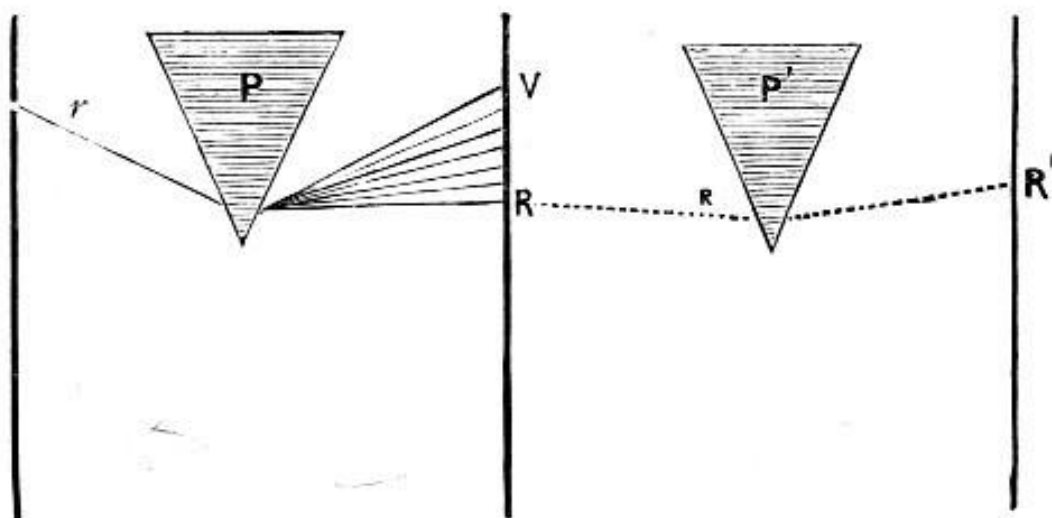


Рис. 4.

Когда лучу света позволяют пройти через стеклянную призму и затем упасть на белую поверхность, изображение, получаемое на этой поверхности, состоит из разноцветной полосы света. Синяя или фиолетовая часть этой полосы больше отклонена от плоскости входящего луча, чем оранжевая часть, а последняя больше, чем красная часть полосы. Это примерно представлено на рис. 4, где r - луч света, проходящий через призму P и выходящий в виде семикратной полосы цветных огней, из которых фиолетовый, V , является наибольшим, а красная полоса, R , наименее отклонена от плоскости луча r . Если поверхность — скажем, белый экран, — на который падает многоцветная полоса света, или *спектр*, пробит небольшим отверстием, чтобы пропускать только фиолетовый, или синий, или оранжевый, или красный свет, и если этот фиолетовый и т.д. свет затем пропускается через вторую призму, дальнейшего разделения этого света не происходит. Такое положение вещей представлено в части рисунка справа, где красный луч, R , показан проходящим через экран и падающим на вторую призму, P' : красный луч слегка отклонен от своего прямого курса, но не разделен; он падает на второй экран в виде луча красного света, R' . Но если некоторое количество металлического натрия испаряется в горячем несветящем пламени и если полученный таким образом желтый свет пропускается через призму, получается спектр, состоящий из единственной желтой линии (на темном фоне), расположенной в той части экрана, где появилась оранжево-желтая полоса, когда луч солнечного света был разделен действием призмы. На рис. 5 желтый свет от пламени, содержащего натрий, представлен линией Y . Говорят, что свет, излучаемый светящимися парами натрия, *монохроматический*.

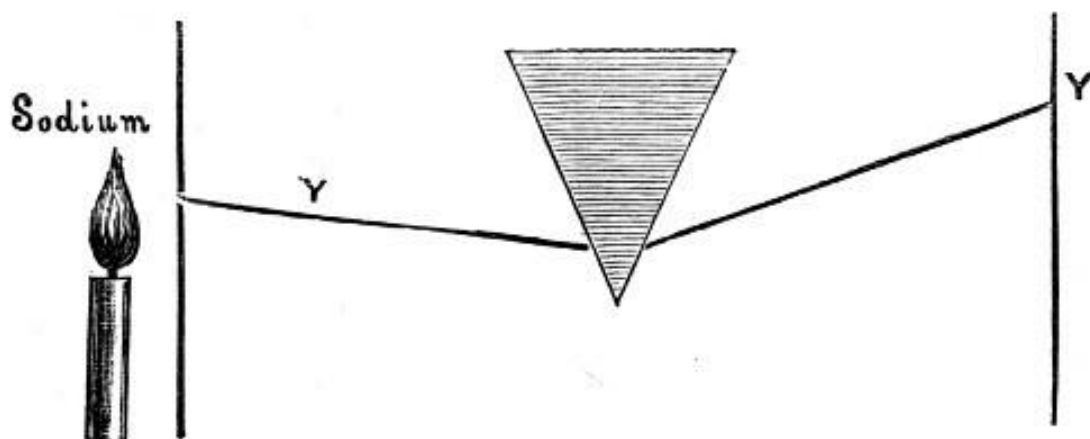


Рис. 5

Наконец, если эксперимент организован таким образом, что луч солнечного света или света от электрической лампы проходит через слой сравнительно прохладных паров натрия, прежде чем достичь призмы, получается спектр, соответствующий солнечному спектру, за исключением того, что черная линия появляется в том месте, где во втором эксперименте была замечена желтая линия, характерная для натрия.

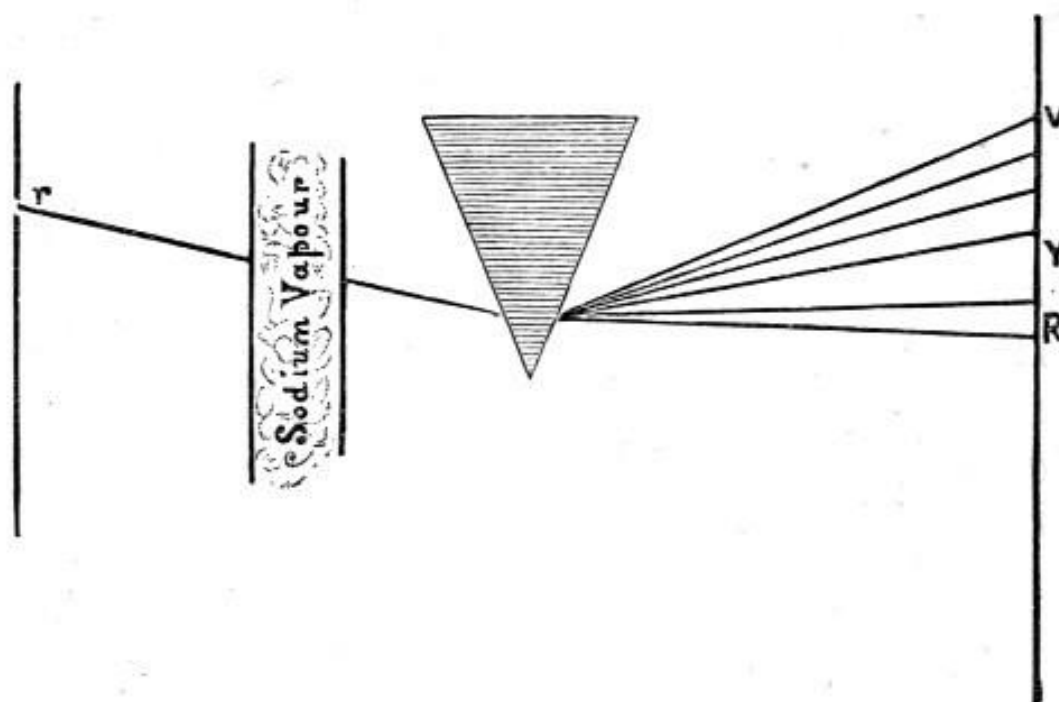


Рис. 6.

На рис. 6 представлен результат этого эксперимента: луч солнечного или электрического света, *r*, проходит через некоторое количество паров натрия, а затем разлагается призмой; полученный спектр отмечен отсутствием света (или темной линией) там, где раньше была заметна желтая линия, *Y*.

Таковы фундаментальные факты спектроскопического анализа: солнечный свет можно разложить на полосу многих цветов, то есть на спектр; свет, испускаемый светящимся паром, характеризуется наличием цветных линий, каждая из которых занимает определенное положение по отношению к различным частям солнечного спектра; солнечный свет — или

электрический свет — когда пропускают через массу пара, дает спектр, характеризующийся отсутствием тех ярких линий, присутствие которых характеризует спектр света, получаемого при сильном нагревании пара, через который прошел солнечный свет.

Спектр, полученный при разложении света, испускаемого светящимися парами калия, характеризуется наличием определенных линий — назовем их линиями А и В. Нас спрашивают, какой элемент (или элементы) присутствует в определенном представленном нам газе: мы пропускаем луч белого света через этот газ, а затем через призму, и получаем непрерывный спектр (*т.е.* многоцветный спектр, подобный солнечному спектру) с двумя темными линиями в тех же положениях, что и те, которые занимают линии А и В. Следовательно, мы приходим к выводу, что рассматриваемый газ содержит пары калия.

При тщательном изучении обнаруживается, что солнечный спектр пересекает очень большое количество тонких черных линий; точные положения многих сотен этих линий были тщательно определены, и в большинстве случаев они соответствуют положениям различных ярких линий, замеченных в спектрах свечения, испускаемого горячими парами различных элементарных тел.

Предположим, что солнце состоит, вообще говоря, из чрезвычайно горячей и светящейся центральной массы, образованной в значительной степени элементарными веществами, из которых состоит эта земля, и что эта центральная масса окружена более холодной (но все же очень горячей) газовой оболочкой из тех же элементов, — и мы получим относительно удовлетворительное объяснение основных явлений, выявленных спектроскопическим исследованием солнечного света.

Исходя из этого предположения, центральная масса раскаленного железа, хрома, магния, никеля, кобальта, водорода и т.д. Излучает свет; часть света, испускаемого раскаленным железом, гасится при прохождении через облако более холодных паров железа за пределами центральной массы, часть света, испускаемого раскаленным хромом, гасится при прохождении через облако более холодных паров хрома и так далее; черные линии в спектре являются записями этих различных гашений того или иного света.

Таким образом, пока что изучение солнечного спектра представляется относительно простым, и это исследование в целом подтверждает предположение о том, что материал, из которого состоит солнце, в широком смысле идентичен тем формам материи, которые мы, на этой земле, называем химическими элементами.

Но каким бы ни был состав солнца, я думаю, очевидно, что, имея дело с лучом света, исходящим от него, мы имеем дело с очень сложным явлением.

Согласно гипотезе, которой мы сейчас руководствуемся, солнечный свет, попадающий в наш спектроскоп, вероятно, зародился в какой-то центральной части солнца и прошел через очень толстые слои горячих металлических облаков, возбуждаемых, возможно, солнечными циклонами. Если бы мы могли исследовать свет, исходящий от какой-то определенной части солнца, мы, вероятно, получили бы ценную информацию. Во время солнечного затмения видны красные протуберанцы, выступающие за пределы темной тени Луны, которая закрывает солнечный диск. Анализ света, испускаемого этими протуберанцами, показал, что они являются явлениями, по существу принадлежащими самому солнцу, и что они состоят из огромных масс чрезвычайно горячих, светящихся газообразных веществ, среди которых в больших количествах присутствует водород. То, что эти протуберанцы очень горячие, горячее

средней температуры обычной солнечной атмосферы, доказывається тем фактом, что спектр исходящего от них света характеризуется яркими линиями. С помощью специальных механизмов, которые нет необходимости обсуждать здесь, но которые были частично объяснены в "Астрономах" (см. стр. 334, 335 этой книги), было показано, что эти протуберанцы находятся в быстром движении: в один момент они взлетают на высоту многих тысяч миль, в другой - удаляются к центру солнца.

Таким образом, мы приходим к картине солнечной атмосферы, состоящей из слоев очень горячих газов, которые постоянно меняют свое относительное положение и форму; иногда происходят выбросы очень горячих, светящихся газов, — мы называем это протуберанцами; иногда происходят выбросы газообразного вещества, — мы называем это пятнами. Среди веществ, составляющих газообразные слои, мы узнаем водород, железо, магний, натрий, никель, хром и т.д., Но мы также находим вещества, которые в настоящее время можно отличить только по длинам волн испускаемого ими света; таким образом, у нас есть 1474 вещества, 5017 веществ, 5369 веществ и т.д.

Давайте теперь перейдем к другой части этой темы. С помощью специального устройства можно наблюдать спектр света, излучаемого светящимся паром, части которого более горячие, чем другие части, и сравнивать линии в спектре света, исходящего от самых горячих частей, с линиями в спектре света, исходящего от более холодных частей пара. Если это сделано для паров натрия, то определенные линии видны во всех спектрах, другие - только в спектре света, исходящего от самых горячих частей паров натрия: первые линии называются "длинными линиями", вторые - "короткими линиями". Приблизительное изображение длинной и короткой линий натрия приведено на рис. 7.



Рис. 7.Длинные и короткие линии натрия.

Теперь предположим, что линии в спектре света, испускаемого светящимися парами марганца, были тщательно нанесены на карту и классифицированы как длинные и короткие линии: предположим, что то же самое было сделано для линий железа: теперь смешайте немного марганца с большим количеством железа, дайте смеси испариться, а испускаемый свет разложите под призмой спектроскопа, будет обнаружено, что появляются только длинные линии марганца; добавьте в смесь немного больше марганца, и теперь некоторые из более коротких линий, обусловленных содержанием марганца, начнут появляться в спектре. спектр. Следовательно, Локьер пришел к выводу, что если спектр света, излучаемого светящимся паром какого—либо элемента — назовем его А — свободен от длинных линий любого другого элемента — скажем, элемента В, - то этот второй элемент не присутствует в качестве примеси в

исследуемом образце элемента А. Локьер применил этот вывод для "очистки" различных элементарных спектров.

Спектр элемента А тщательно нанесен на карту, и линии разделены на длинные и короткие, в зависимости от того, видны ли они в спектре света, исходящего от всех частей светящегося пара А, или только в спектре света, исходящего от более горячих частей этого пара. Спектры элементов В и С аналогичным образом картируются и классифицируются: затем сравниваются три спектра; отмечается самая длинная линия в спектре В, если эта линия обнаружена в спектре А, она отмечена отрицательным знаком — это означает, что, насколько можно судить по этой линии, В присутствует в качестве примеси в А; следующая по длине линия В ищется в спектре А — если присутствует, она также отмечена отрицательным знаком; аналогичный процесс сравнения и исключения проводится со спектрами А и С. Таким образом, получается "очищенный" спектр света от А — то есть спектр, из которого, согласно Локьеру, были удалены все линии из-за присутствия небольших количеств В и С в качестве примесей в А.

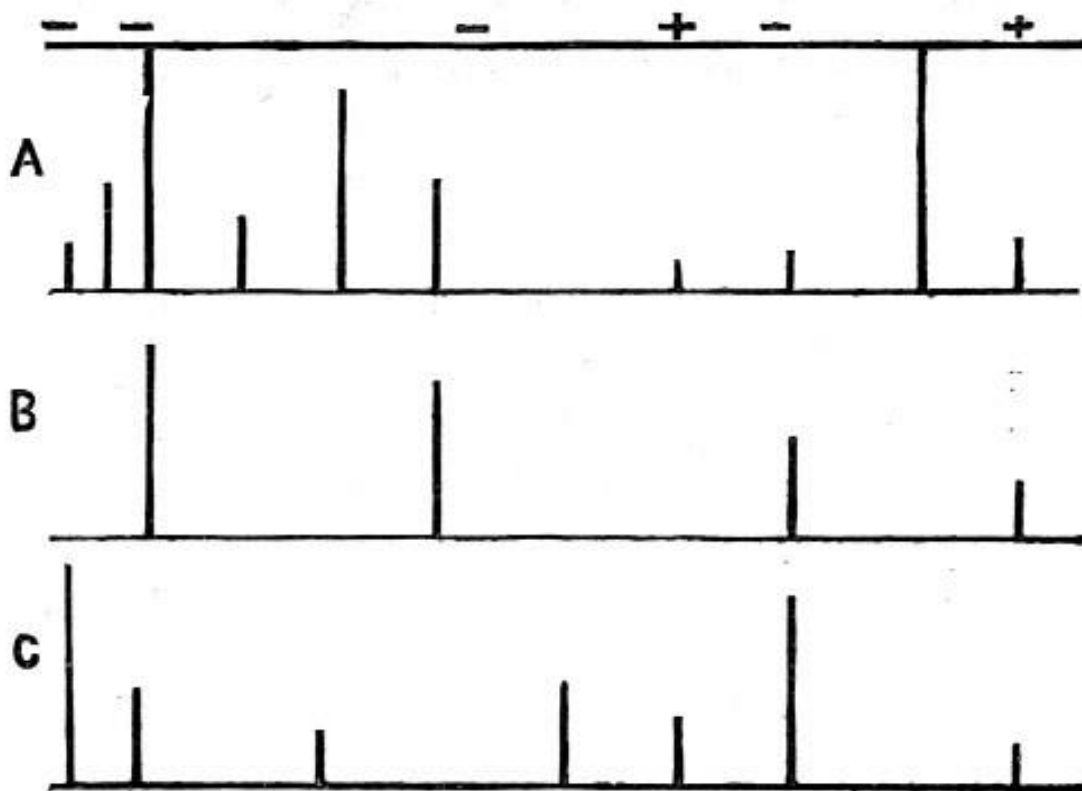


Рис. 8.

Рис. 8 приведен для того, чтобы сделать этот процесс "очищения" более понятным. Но когда этот процесс завершен, во многих случаях остается несколько коротких линий, общих для двух или более элементарных спектров: такие линии Локьер назвал *базовыми линиями*. Он предполагает, что эти линии обусловлены светом, излучаемым формами материи, более простыми, чем наши элементы; он думает, что при очень высоких температурах некоторые элементы разлагаются, и что *основания* этих элементов образуются и излучают свет, который анализируется спектроскопом. Такие короткие основные линии отмечены в спектрах, представленных на рис. 8, положительным знаком.

Теперь, если принять предположение, сделанное Локьером, а именно. из того, что короткие линии или некоторые из коротких линий, которые совпадают в "очищенных" спектрах различных элементов, на самом деле обусловлены светом, испускаемым формами материи, на которые наши так называемые элементы разлагаются при очень высоких температурах, следует, что такие линии должны становиться более заметными в спектрах света, испускаемого элементами, чем выше температура, до которой поднимаются эти элементы. Но мы знаем (см. стр. 308), что протуберанцы вокруг солнечного диска горячее средней температуры солнечной атмосферы; следовательно, спектр света, исходящего от этих протуберанцев, должен быть особенно богат "основными" линиями: это предположение подтверждается экспериментом. Локьер также показал, что именно "основные", а не длинные линии особенно заметны в спектрах света, исходящего из тех частей солнечной атмосферы, которые подвергаются действию циклонов, т.е. которые находятся при аномально высоких температурах. И, наконец, была установлена весьма заметная аналогия между изменениями в спектре света, испускаемого сложным веществом, при повышении температуры, и постепенном разложении вещества на его элементы, и спектром света, испускаемого так называемым элементарным веществом, при повышении температуры этого вещества.

Но можно утверждать, что метод "очистки" спектра Локьером неудовлетворителен; что, хотя все более длинные линии, общие для двух спектров, устранены, совпадающие короткие линии, которые остаются, обусловлены просто очень незначительными количествами одного элемента, присутствующего в качестве примеси в большем количестве другого. Кроме того, было показано, что некоторые из так называемых "основных" линий разделяются спектроскопами с большой дисперсионной способностью на группы из двух или более линий, которые не совпадают в разных спектрах.

И более того, можно дать довольно удовлетворительное объяснение явлениям химии солнца без помощи гипотезы о том, что наши элементы разлагаются на солнце до более простых форм материи. Тем не менее, эта гипотеза имеет определенное количество экспериментальных доказательств в свою пользу; это может быть истинная гипотеза. Я не думаю, что в настоящее время у нас есть основания либо принимать его как лучшее руководство для дальнейших исследований, либо полностью отвергать.

Исследования, к которым привела эта гипотеза, несомненно, пролили много света на строение солнца и звезд, а также сыграли важную роль в привлечении внимания химиков к новым взглядам на природу элементов и, таким образом, пробудили их ото сна, в который с такой готовностью впадает каждый класс людей.

История, рассказанная лучами света, которые приходят на эту землю от солнца и звезд, еще не полностью прочитана, но части, которые изложил химик, по-видимому, говорят о том, что, хотя формы материи, из которых состоит земля, также являются теми, из которых состоят солнце и звезды, все же на солнце и звездах некоторые из земных элементов разлагаются, а некоторые из земных атомов расщепляются до более простых форм. История, говорю я, рассказанная лучами света, кажется, поддается такому толкованию, но она написана на языке, незнакомом детям этой земли, которые пока могут читать ее, но медленно; ибо название, данное новой науке, было "*Георания*", потому что ее порождением были земля и небо. И оно не могло вкушать смерти по причине своего принятия в бессмертные чертоги; но оно познало слабость,

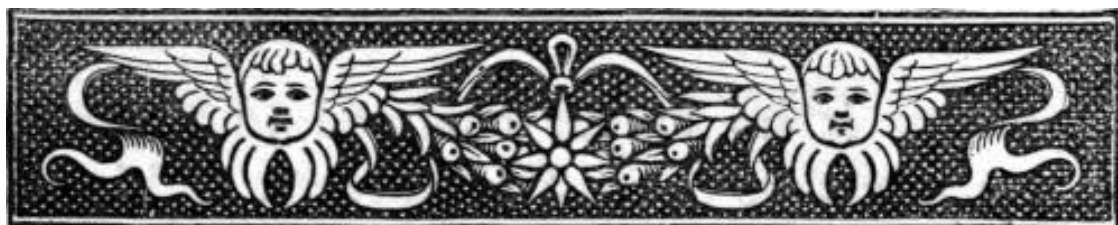
уверенность и тень человеческой глупости; и оно шло прихрамывающей походкой; но в своей походке оно превосходило всех смертных детей грацией и быстротой".

Существуют определенные частицы, настолько мелкие, что требуется по меньшей мере шестьдесят миллионов из них, чтобы составить наименьшую порцию вещества, которую можно увидеть с помощью хорошего микроскопа. Некоторые из этих частиц вибрируют вокруг края сферы, которая в миллион раз больше земли, но находится на расстоянии около девяноста миллионов миль. Изучающему науку велят поискать по краю сферы, пока он не найдет эти частицы, а найдя их, измерить частоту их колебаний; и в качестве инструмента, с помощью которого это можно сделать, ему дается стеклянная призма! Но он выполнил свою задачу; он нашел мельчайшие частицы и измерил периоды их колебаний.

Химия больше не ограничивается этой землей: химик называет видимую вселенную своей лабораторией, а солнечные лучи - своими слугами.

Дэви разложил соду и поташ с помощью мощного прибора, подаренного ему Вольтой; но современный химик бросил элемент, который он пытается разложить, в тигель, которым является солнце или звезда, и ожидает результата.

Алхимики были правы. Существует философский камень; но этот камень сам по себе является соединением труда, упорства и гениальности, и золото, которое он производит, - это золото истинного знания, которое никогда не потускнеет и не поблекнет.



ГЛАВА VIII.

РЕЗЮМЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Таким образом, мы проследили некоторые из основных путей, по которым продвинулась химия с того дня, когда, перестав руководствоваться мечтами людей, которые работали с единственной идеей посреди мира странных и сложных явлений, она начала признавать, что Природа сложна, но упорядоченна, и так стала отраслью истинного знания.

В этом обзоре мы, я думаю, пришли к выводу, что замечание, сделанное в начале вводной главы, в целом справедливо. То, что взгляды алхимиков, хотя иногда и были очень благородными, были "расплывчатыми и причудливыми", несомненно, подтверждается цитатами из их трудов, приведенными в первой главе. За этим периодом последовал период, в течение которого преобладала точная, но неизбежно несколько узкая концепция химии Лавуазье. Основанная по большей части на тщательном, кропотливом и количественном изучении одного явления — правда, очень широкого и далеко идущего, - классификация,

введенная отцом химической науки, не могла быть достаточно широкой, чтобы включить все открытия тех, кто пришел после него. Но хотя эту классификацию необходимо было пересмотреть и переработать, гений Лавуазье сформулировал определенные истины, которые остались общим достоянием каждой химической системы. Доказав, что, как бы ни менялись формы материи, масса остается неизменной, он впервые сделал возможной такую науку, как химия. Он определил "элемент" раз и навсегда и, таким образом, смел ткань мечтаний, воздвигнутую алхимиками на визионерской основе *земли, воздуха, огня и воды, или ртути, серы и соли*. Своим примером он учил, что необходимо произвести взвешивания и измерения, прежде чем можно надеяться на точное знание химических реакций; и своим учением о том, что кислород является *подкислителем* — хотя мы знаем, что это учение было ошибочным во многих деталях — он показал возможность системы классификации химических веществ, основанной на фактически наблюдаемых свойствах и составе этих веществ.

Лавуазье получил эти важнейшие результаты, сосредоточив свое внимание на нескольких предметах исследования. Чтобы химия могла стать более широкой, необходимо было, чтобы она прежде всего стала более узкой.

Период, когда были определены объекты науки и установлены некоторые из ее фундаментальных фактов и концепций, сменился, как мы видели в нашем очерке, тем, что Дальтон несколько отошел от метода исследования, принятого большинством мастеров науки, и, сосредоточив свои огромные умственные способности на фактах, относящихся к одной отрасли естественных знаний, разработал простую, но очень всеобъемлющую теорию, которую он применил для объяснения фактов, относящихся к другой отрасли науки.

Таким образом, химия была наделена грандиозной и далеко идущей концепцией, которая разрабатывалась и применялась последующими поколениями исследователей; но мы не должны забывать, что именно тщательная, детальная работа Блэка и Лавуазье сделала возможной великую теорию Дальтона.

В то время, когда Дальтон обдумывал свою теорию атомов, Дэви продвигался как завоеватель по богатой области, которую открытие Вольты открыло для химии. Далтон, приученный полагаться на себя, с юности окруженный атмосферой, в которой не преобладали "сладость и свет", брошенный в мир в раннем возрасте и вынужденный обеспечивать себя тяжелой преподавательской работой, в то время как он хотел бы заниматься исследованиями, и в то же время — если мы можем судить по его жизни, описанной его биографами, — без постоянного присутствия такого идеала, который мог бы поддержать эмоциональную часть его натуры в это время борьбы, — Далтон, как мы обнаружили, в значительной степени удалился от контактов с другими научными работниками. , и общаясь только с самим собой, разработал теорию, которая, хотя и показала, что он является одним из мыслителей, берущих начало от Демокрита и Левкиппа, тем не менее была отмечена неоспоримыми признаками его собственной индивидуальности и гения, и в то же время не была затронута никакими надеждами или страхами и не затронута никакими страстями нашего общего человечества.

С другой стороны, Дэви с детства был окружен пейзажами удивительной природной красоты и разнообразия, соприкосновение с которыми пробудило в нем страстное стремление к знаниям, в то время как его эмоции оставались свежими и чувствительными к внешним впечатлениям. Приступив к изучению естественных наук, когда в продвижении открытий наступила пауза, но пауза, предвещавшая новые достижения, он обнаружил, что внешние обстоятельства

необычайно благоприятствовали его успеху; воспользовавшись этими благоприятными обстоятельствами, он быстро продвинулся вперед. Подобно Лавуазье, он начал свою работу с доказательства того, что в Природе не существует такой вещи, как трансмутация в алхимическом значении этого термина; как Лавуазье доказал, что вода не превращается в землю, так и Дэви доказал, что кислота и щелочь не образуются под действием электрического тока на чистую воду. Мы кратко проследили развитие электрохимической теории, которую Дэви выдвинул на основе эксперимента; мы видели, как факты заставили его усомниться в общепринятом взгляде на состав соляной кислоты и хлора, и как благодаря работе, которую он проделал по этим предметам, химики были окончательно убеждены, что элемент - это не вещество, которого *не может быть*, а вещество, которое *не было* разложено, и как из этой работы также возникла современная теория кислот, оснований и солей.

Мы обнаружили, что трудами великого шведа Дж. Дж. Берцелиуса дальтоновская теория была подтверждена обширной серией точных анализов и, в сочетании с модификацией электрохимической теории Дэви, была положена в основу системы классификации, которая стремилась включить все химические вещества в ее сферу применения. Атом был отправной точкой берцелиевой системы, но этот химик рассматривал атом как двойственную структуру, части которой удерживаются вместе благодаря своим противоположным электрическим полярностям. Мы видели, что Берцелиус значительно усовершенствовал методы, с помощью которых можно было определять атомные веса, и он признал важность физических обобщений как вспомогательных средств для определения атомных весов химических веществ.

Но Берцелиус слишком безоговорочно уверовал в свой собственный взгляд на работу Природы; его теория стала слишком властной. Химикам было легче принять, чем усомниться в интерпретации фактов, которая по большей части была неоспоримо верной и которая сформировала центральную яркую концепцию, проливающую свет на всю массу деталей, которые без нее казались запутанными и лишенными смысла.

Если дуалистическая твердыня должна быть взята, то атака должна быть стремительной, и ее должны вести люди, обладающие не только доблестью, но и осмотрительностью. Мы обнаружили, что появились два чемпиона, и что с помощью других, которые были едва ли худшими солдатами, чем они сами, они предприняли атаку, и сделали это с успехом.

Но когда пыл битвы улегся и горечь раздора была забыта, оказалось, что, хотя многие башни дуалистического замка были разрушены, фундамент и большая часть стен сохранились; и, как ни странно, люди, возглавлявшие атаку, были довольны тем, что они остались.

Атом больше нельзя рассматривать как всегда состоящий из двух частей, его следует рассматривать скорее как единое целое, свойства которого определяются свойствами и расположением всех его частей; но концепция атома как структуры и уверенность в том, что относительно этой структуры можно сделать какие-либо выводы на основе знания реакций и общих свойств целого, сохранились, когда Дюма и Либих заменили дуализм Берцелиуса унитарной теорией современной химии; и эти концепции сохранились до наших дней и теперь входят в число ведущих принципов химической науки; только Дюма и Либих заменили дуализм Берцелиуса унитарной теорией современной химии. теперь мы говорим о "молекуле" там, где Берцелиус говорил об "атоме".

Наряду с достижениями Дюма, Либиха и других в уточнении общей концепции строения атома, мы обнаружили, что признание существования более чем одного порядка малых частиц с каждым днем укреплялось в умах химиков.

Различие между тем, что мы сейчас называем атомами и молекулами, было четко сформулировано Авогадро в 1811 году; но времена еще не созрели. Ментальный круг химиков того времени не позволял им в полной мере оценить работу Авогадро. Семя, однако, было посеяно, и урожай, хотя и поздний, был обильным.

Мы видели, что Дюма с некоторыми колебаниями принял различие, проведенное Авогадро, но, не сумев довести его до законного завершения, он не воспользовался в полной мере преимуществами своего признания принципа, согласно которому мельчайшая частица вещества, участвующая в физических изменениях, делится на более мелкие частицы при тех изменениях, которые мы называем химическими.

Герхардту и Лорену мы обязаны полным признанием и принятием в качестве основы химической классификации атома как частицы вещества, отличной от молекулы; они первыми четко определили закон Авогадро — "Равные объемы газов содержат равное количество молекул" - в его истинном положении как закона, который, основываясь на физических доказательствах и динамических рассуждениях, должен быть принят химиком в качестве основы его атомной теории. Тем же химикам мы обязаны формальным введением в химическую науку концепции типов, которая, как мы выяснили, была развита Франклендом, Кекуле и другими в современную доктрину эквивалентности групп элементарных атомов.

Мы видели, что Берцелиус, используя законы Мичерлиха, Дюлонга и Пети, признавал важность помощи физических методов в решении атомных проблем химии; но среди тех, кто наиболее полно воспользовался такими вспомогательными средствами, Грэхем всегда должен занимать первое место.

Грэм посвятил всю энергию своей жизни отслеживанию движения атомов и молекул. Он доказал, что газы проходят сквозь стенки из твердых материалов так же, как они проходят через пространства, уже занятые другими газами; и, измеряя скорость этих перемещений, он показал, как можно определить скорость движения частицы газа, настолько малую, что группа из ста миллионов частиц была бы невидима для постороннего зрения. Грэхем следил за молекулами по мере того, как в своих путешествиях они соприкасались с мембранами животных и растений; он обнаружил, что эти мембраны представляли собой непреодолимый барьер для прохождения одних молекул, в то время как другие легко проходили сквозь них. Таким образом, он пришел к разделению вещества на коллоидное и кристаллоидное. Он показал, какие важные применения этого раздела могут быть сделаны в практической химии, он обсудил некоторые аспекты этого раздела в общей теории молекулярного строения вещества и, таким образом, открыл путь, ведущий на новую территорию, многообещающую для того, кто способен следовать по стопам ее первооткрывателя.

Другие исследователи следовали общим направлениям, изложенным Грэмом; были установлены более или менее точные связи между химическими и физическими свойствами различных групп соединений. Было показано, что температуры кипения, плавления, расширения под действием тепла, количества тепла, выделяемого при горении, в некоторых случаях тинкториальные свойства красителей и другие физические константы групп

соединений изменяются в зависимости от природы, количества и расположения атомов в молекулах этих соединений.

Но, хотя в этом направлении было проделано много хорошей работы, наше невежество намного превышает наши знания относительно явлений, которые лежат на границе между химией и физикой. Вероятно, именно здесь химики больше всего ищут новые важные открытия.

По мере того, как каждая отрасль естествознания становится все более подразделенной, а количество фактов, которые необходимо запоминать с каждым днем, становится все более сокрушительным, изучающий сталкивается со все возрастающими трудностями в выходе за рамки своего собственного предмета и в получении широкого представления об относительной важности фактов и теорий, которые ему кажутся столь существенными.

В те дни, когда основы химии были заложены Блэком, Пристли, Лавуазье и Дальтоном, и когда Берцелиус и Дэви начали возводить стены, одному человеку было возможно держать в уме весь спектр предметов, которые он изучал. Даже когда Либих и Дюма создавали структуру органической химии, масса фактов, которые необходимо было учитывать, не была такой ошеломляющей, как сейчас. Но в значительной степени мы сами виноваты; в последние годы мы слишком сильно оправдали слова Либиха, когда он сказал, что для создания структуры органической химии магистры больше не требуются — достаточно рабочих.

И я думаю, что иногда мы впадаем и в другую ошибку. Большинство создателей нашей науки — особенно Лавуазье и Дэви, Либих и Дюма — были людьми широкой общей культуры. Химия была для них отраслью естествознания; в последние годы она слишком сильно выродилась в ремесло. У этих людей были высокие цели; они осознавали — Дэви, возможно, больше, чем кто-либо другой, — благородство своего призвания. Лаборатория была для них не просто местом, где готовились любопытные смеси и получались странные вещества, или где выставлялись элегантные приборы и хранились тщательно подготовленные образцы; это был скорее вход в храм Природы, место, где изо дня в день они искали истину, где среди множества неприятных и необходимых механических деталей им иногда давались проблески порядка, гармонии и закона, царящих во всей материальной вселенной. Это было место, где, прервавшись на работе, которая постороннему человеку казалась такой скучной и даже такой тривиальной, они иногда, прислушиваясь внимательным ухом, могли уловить грохот "могучих вод, катящихся все дальше", и таким образом могли освеженными вернуться к работе снова.

Химия тогда была более поэтичной, с большим воображением, чем сейчас; но без воображения в науке не было достигнуто ни одной великой работы.

Когда изучающий науку забывает, что конкретная отрасль естественных знаний, которую он культивирует, является частью живого и растущего организма, и пытается изучать ее просто как совокупность фактов, он уже по-исавовски продал свое право первородства за миску похлебки; ибо разве это не привилегия ученого, изучающего Природу, всегда работать в присутствии "чего-то, чего он никогда не сможет познать полностью, но что он всегда продолжает познавать" — всегда быть окруженным величием предмета, который он стремится познать? Неужели он не понимает, что, хотя некоторые из величайших умов сделали это исследование целью своей жизни, сумма того, что известно, все еще является лишь каплей в океане? и разве его также не учили, что каждое честное усилие, предпринимаемое для расширения границ естественного знания, должно немного продвинуть это знание вперед?

Нелегко помнить о важности проблем, которые зависят от научной работы, когда эта работа ведется, как это слишком часто бывает, исключительно с желанием получить формальный и определенный ответ на какой-нибудь мелкий вопрос.

"Этот низкий человек ищет малое занятие,
видит его и делает;
Этот высокий человек, которому предстоит достичь великого дела,
умирает, не успев этого осознать.

"Этот низкий человек продолжает добавлять одно к одному,
его сотня скоро попадет:
этот высокий человек, нацелившийся на миллион,
промахивается на единицу".

НАПЕЧАТАНО ИЗДАТЕЛЬСТВОМ WILLIAM CLOWES AND SONS, LIMITED, ЛОНДОН И БЕККЛЗ.